

# Proyecto Fin de Máster

## Organización Industrial y Gestión de Empresas

### Implementación de Indicadores de mantenimiento a través de herramienta BI para una empresa de gestión del ciclo integral del agua

Autor: Andrés Rojas Sánchez

Tutor: Adolfo Crespo Márquez

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas I**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2019





Proyecto Fin de Máster  
Organización Industrial y Gestión de Empresas

# **Implementación de Indicadores de mantenimiento a través de herramienta BI para una empresa de gestión del ciclo integral del agua**

Autor:

Andrés Rojas Sánchez

Tutor:

Adolfo Crespo Márquez

Catedrático Universitario

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Máster: Implementación de Indicadores de mantenimiento a través de herramienta BI para una empresa de gestión del ciclo integral del agua

Autor: Andrés Rojas Sánchez

Tutor: Adolfo Crespo Márquez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

*A mi familia, en especial a mis  
padres, por ese apoyo  
incondicional para animarme a  
seguir estudiando*

*A mi tutor de prácticas y a mi  
tutor de TFM, por darme la  
oportunidad de hacer este  
proyecto*



# Resumen

---

Este Trabajo Fin de Máster aborda la elección e implementación de unos indicadores de mantenimiento en un sistema de Business Intelligence para una empresa encargada de la gestión integral del ciclo del agua.

Las empresas responsables de la gestión del agua en las grandes ciudades conllevan mucho trabajo de mantenimiento a lo largo de su completo recorrido, desde la recepción del agua hasta su posterior saneamiento y retorno a su cauce natural, que resulta difícil de gestionar eficazmente sin una óptima organización del departamento y un buen sistema de información.

En el mercado actual existen una gran cantidad de sistemas BI que ofrecen optimizar los procesos y los recursos de las empresas. La elección correcta de uno de estos sistemas es clave para el éxito de su implementación y su progreso. Para este trabajo académico se ha optado por la elección del Sistema Business Intelligence de SAP, encargada de procesar y depurar los datos e información recogida del módulo PM de SAP para analizar, planificar y programar unos indicadores de mantenimiento para una futura mejora de la toma de decisiones y, por consiguiente, una optimización en costes y tiempo.





# Abstract

---

This Master's Final Project presents the choice and implementation of maintenance indicators in a Business Intelligence system for an enterprise responsible of the management of water integral cycle.

Enterprises responsible of water managing in the big cities entail very much work of maintenance through its complete route, since the water receipt to the following sanitation and return to the natural channel, that results difficult to manage effectively without an ideal department organization and a good information system.

In the current market exists a great amount of BI systems which provide optimizing process and resources of enterprises. The correct choice of one of these systems is a key for an implementation and progress with successful. To this academic work has been chosen a BI system from SAP, handled of processing and depurating data and information from the module PM of SAP to analyze, plan and schedule maintenance indicators for a future improvement of decision making and therefore an optimization in costs and time.

# Índice

Resumen .....	viii
Abstract .....	x
Índice .....	xi
Índice de Tablas .....	xiv
Índice de Figuras .....	xvi
Notación .....	xix
<b>1 Introducción y objetivos del proyecto.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	1
1.2 Introducción .....	1
1.3 Objetivos y alcance .....	2
1.4 Estructura y sumario del contenido.....	2
<b>2 Estado del Arte .....</b>	<b>3</b>
2.1 El ciclo integral del agua y la empresa .....	3
2.1.1 Abastecimiento .....	4
2.1.2 Saneamiento .....	5
2.1.3 Objeto social de la empresa.....	6
2.2 Organización del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones.....	6
2.3 El mantenimiento industrial y la gestión del mantenimiento.....	7
2.3.1 Tipos de mantenimiento .....	9
2.3.2 Términos y parámetros importantes en la gestión del mantenimiento .....	10
2.3.3 Historia de la gestión del mantenimiento .....	11
2.4 Sistemas de información para la gestión del mantenimiento .....	13
2.4.1 Sistemas ERP .....	14
2.4.2 Sistemas GMAO .....	15
2.4.3 Sistemas de Business Intelligence .....	19
2.5 Indicadores de Gestión .....	21
2.5.1 Introducción a los Indicadores de Gestión .....	21
2.5.2 Indicadores de gestión antiguos en el Departamento de mantenimiento .....	26
<b>3 Implementación de la herramienta BI de SAP en la empresa .....</b>	<b>28</b>
3.1 Descripción general del módulo PM de SAP adaptado a la empresa .....	28
3.1.1 Gestión de Órdenes de Trabajo y Avisos .....	28
3.1.2 Gestión de Objetos Técnicos .....	32
3.1.2.1 Ubicaciones Técnicas.....	32
3.1.2.2 Equipos .....	33
3.1.3 Planes de Mantenimiento.....	34
3.1.4 Explotación de las transacciones en SAP PM.....	35
3.2 El proceso de carga y depuración de datos a la herramienta BI .....	38
3.3 Propuesta de indicadores de gestión de mantenimiento .....	39

3.3.1	Indicadores clave de rendimiento.....	39
3.3.2	Indicadores de proceso.....	44
3.4	<i>Herramienta Business Intelligence de SAP</i> .....	53
3.4.1	Validación de los indicadores en el Cuadro de Mando Integral .....	55
3.4.2	Formación en el módulo de Análisis Libre.....	56
3.4.2.1	Creación, ejecución y guardado de consultas en el informe .....	57
<b>4</b>	<b>Resultados obtenidos</b> .....	<b>61</b>
4.1	<i>Cuadro de Mando Integral</i> .....	61
4.1.1	Filtros y opciones avanzadas en el Cuadro de Mando Integral .....	66
4.1.2	Valores umbrales de los indicadores .....	69
4.1.3	Indicadores pendientes de implantación en el Cuadro de Mando .....	69
4.2	<i>Análisis Libre de BI</i> .....	70
<b>5</b>	<b>Conclusiones y opciones de mejora</b> .....	<b>74</b>
	<b>Referencias</b> .....	<b>76</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 2-1. Desarrollo de modelos de gestión del mantenimiento	12
Tabla 3-1. Clases de actividades PM	29
Tabla 3-2. Indicadores Claves de Rendimiento Económicos	40
Tabla 3-3. Indicadores Claves de Rendimiento Técnicos	41
Tabla 3-4. Indicadores Claves de Rendimiento Organizacionales	42
Tabla 3-5. Indicadores de Procesos: MAN. Gestionar el mantenimiento	45
Tabla 3-6. Indicadores de Procesos: PRV. Prevenir sucesos no deseados por fallos y averías	46
Tabla 3-7. Indicadores de Procesos: COR. Devolver los elementos al estado requerido	47
Tabla 3-8. Indicadores de Procesos: ACT. Intervenir sobre el elemento	48
Tabla 3-9. Indicadores de Procesos: HSE. Asegurar la salud, seguridad y medio ambiente	50
Tabla 3-10. Indicadores de Procesos: BUD. Elaborar el presupuesto del mantenimiento	50
Tabla 3-11. Indicadores de Procesos: DTA. Gestionar los datos	51
Tabla 3-12. Indicadores de Procesos: IST. Proporcionar la infraestructura necesaria	51
Tabla 3-13. Indicadores de Procesos: MRQ. Emitir los requisitos del mantenimiento	51
Tabla 3-14. Indicadores de Procesos: RES. Proporcionar recursos humanos internos	52
Tabla 3-15. Indicadores de Procesos: SER. Proveer servicios de mantenimiento externos	52
Tabla 3-16. Indicadores de Procesos: SPP. Suministrar repuestos	52
Tabla 3-17. Tipos de objetos en Web Intelligence	54
Tabla 4-1. Informes propuestos de indicadores para la gestión del Mantenimiento	70



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1. Ciclo integral del agua	4
Figura 2-2. Organización del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones	7
Figura 2-3. Tarea de mantenimiento	8
Figura 2-4. Clasificación de los tipos de mantenimiento.	9
Figura 2-5. Evolución de la gestión del mantenimiento hasta la actualidad	12
Figura 2-6. Diagrama de Flujo de un Sistema GMAO	16
Figura 2-7. Esquema modular general del sistema de información para la gestión del mantenimiento	17
Figura 2-8. Ejemplo de cálculo en Excel de los antiguos indicadores (1)	26
Figura 2-9. Ejemplo de cálculo en Excel de los antiguos indicadores (2)	26
Figura 3-1. Búsqueda de la visualización de un Aviso	31
Figura 3-2. Búsqueda de la visualización de una Orden de Trabajo	32
Figura 3-3. Visualización de una Ubicación Técnica	33
Figura 3-4. Visualización de un Plan de Mantenimiento	35
Figura 3-5. Transacciones para la Gestión del Mantenimiento	36
Figura 3-6. Transacciones para la Gestión de Objetos Técnicos	36
Figura 3-7. Transacciones para el Mantenimiento Planificado	37
Figura 3-8. Formulación de la transacción IE03: Visualizar Equipo	37
Figura 3-9. Resultado de la transacción IP03: Visualizar Plan de Mantenimiento Preventivo	38
Figura 3-10. Carga de datos en la herramienta Business Intelligence	38
Figura 3-11. Factores que influyen en el mantenimiento e indicadores	40
Figura 3-12. Procesos de mantenimiento	44
Figura 3-13. Validación del indicador “Horas de duración de averías” en Excel	56
Figura 3-14. Menú principal para crear un nuevo documento	57
Figura 3-15. Menú de Aplicaciones para crear un nuevo documento	57
Figura 3-16. Menú de la consulta en el documento	58
Figura 3-17. Menú de desarrollo de la consulta en el documento	59
Figura 3-18. Consulta ejecutada en Análisis libre	59
Figura 3-19. Guardado del nuevo documento	60
Figura 4-1. Cuadro de Mando Integral actual	62
Figura 4-2. Sección del Mantenimiento programado	63
Figura 4-3. Sección de Averías	63
Figura 4-4. Sección de Correctivo generado	63



Figura 4-5. Sección de Otras actuaciones de correctivo	64
Figura 4-6. Sección de Seguridad Industrial	64
Figura 4-7. Sección de Otras actuaciones de mantenimiento	65
Figura 4-8. Sección de Otros indicadores de PM	65
Figura 4-9. Evolución de la gama completa de indicadores en el Cuadro de Mando Integral	66
Figura 4-10. Filtro de Evolución	67
Figura 4-11. Filtro de Proceso	67
Figura 4-12. Filtros generales de visión y evolución en el tiempo	68
Figura 4-13. Filtros específicos mensuales de los indicadores	68
Figura 4-14. Opciones de exportación de datos e información	69
Figura 4-15. Valores de referencia de los indicadores en el Departamento de mantenimiento	69
Figura 4-16. Informes creados para indicadores de gestión	71
Figura 4-17. Informes predeterminados del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones	71
Figura 4-18. Informes de indicadores del Cuadro de Mando Integral	72
Figura 4-19. Resultado del Informe de Indicadores de Averías	72
Figura 4-20. Resultado del Informe de Indicadores de Cumplimiento de Preventivo	73
Figura 4-21. Resultado del Informe de Resumen de los Indicadores de calidad	73



# Notación

---

BI	Business Intelligence
BO	Business Object
CMI	Cuadro de Mando Integral
ERP	Enterprise Resource Planning
GMAO	Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator
OT	Orden de Trabajo
PTR	Puesto de Trabajo Responsable
PYME	Pequeñas Y Medianas Empresas
UNE	Una Norma Española
UT	Ubicación Técnica



# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

---

*“Do the simple things first”*

*- CRAIG S. MULLINS -*

Este capítulo de Introducción aportará una visión global y concisa acerca del contenido de este trabajo académico, además de los objetivos que se pretenden alcanzar y su justificación. Primeramente, se expondrá una motivación del trabajo, continuando con una breve introducción y objetivos de éste y, por último, un resumen del contenido total y su estructura.

## 1.1 Motivación del proyecto

El motivo principal de este trabajo académico es poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del Máster Universitario de Organización Industrial y Gestión de Empresas y de la asignatura de Sistemas Inteligentes de Mantenimiento, con un caso real de gestionar un área de una empresa, concretamente el área de mantenimiento.

La oportunidad de realizar unas prácticas extracurriculares en el departamento de mantenimiento de una empresa ha sido crucial para comprender la necesidad de realizar este proyecto. A lo largo de los seis meses de beca surge la idea de unos nuevos indicadores, que complementen los ya actuales en la empresa, y su posterior elaboración, para facilitar la toma de decisiones en mantenimiento y optimizar en tiempo y coste, a partir de la información de mantenimiento obtenida de su histórico disponible y de los datos que se extraen diariamente.

Para ello, se ha necesitado contar con la ayuda del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones de la empresa, encargada de la Gestión del ciclo integral del agua en una ciudad con millones de habitantes, y de su organización, de una manera más profunda y detallada. Con ello, se ha llegado a conocer de primera mano cuales son las funciones principales del departamento, sus objetivos y cómo están plasmadas para su óptimo desarrollo a la hora de gestionar los recursos disponibles.

## 1.2 Introducción

El presente texto aborda la implementación de Indicadores Claves de Rendimiento o KPIs de mantenimiento, calculados automáticamente y sometidos a un proceso de carga diaria, para el Departamento de Mantenimiento de Instalaciones a través de la plataforma virtual de Business Intelligence, herramienta que se aprovecha de extraer la información necesaria de una base de datos, en esta empresa llamada SAP PM.

La aparición de multitud de averías que requieren de mantenimiento en las empresas es cada vez más común, y más aún, si se habla de una empresa encargada de llevar el ciclo integral del agua, que es necesario controlar todas sus fases, desde la captación y tratamiento del agua hasta llegar al saneamiento del agua residual y su posterior retorno al cauce natural. Esta necesidad se manifiesta debido a la gran cantidad de información que

se recoge a diario a lo largo del ciclo. La gestión eficaz del mantenimiento originará una carga menos para los trabajadores, dándole más hincapié al hecho de volver a restaurar esas averías a un estado óptimo de funcionamiento.

### 1.3 Objetivos y alcance

El alcance y el objeto determinado del proyecto se ha consensuado de acuerdo con el Departamento de Mantenimiento de Instalaciones de la empresa durante el periodo de realización de prácticas. El Departamento estima que sería muy oportuno desarrollar indicadores que complementen a los actualmente existentes en SAP con la información que se obtiene en el GMAO para facilitar el proceso de la toma de decisiones en la organización y efectuar una mejora en el mantenimiento.

El objeto de los presentes indicadores a desarrollar es elaborar y definir todos los indicadores de gestión del mantenimiento, elaborar el cuadro de mando integral que aparecerá en la herramienta BI y, por último, elaborar unas directrices para que cada usuario pueda realizar sus propios informes específicos en cada campo de mantenimiento.

Por lo tanto, el trabajo académico pretende identificar una serie de indicadores y programarlos en una herramienta de tipo Business intelligence de SAP. En definitiva, se pretende que esta herramienta se encargue de proporcionar la siguiente información a través de los indicadores:

- Un enfoque a todos los procesos presentes relacionados al mantenimiento en la empresa.
- Ser representativos en la actividad que actúe el área de mantenimiento.
- Facilidad para el análisis y la detección de opciones de mejora.

### 1.4 Estructura y sumario del contenido

El contenido de este proyecto se ha organizado de la siguiente manera:

- En el capítulo uno se introduce el Trabajo de Fin de Máster, en el que se pretende dar una visión general de éste. Se establece la motivación, la introducción y los objetivos del mismo. Por último, se describe cómo se va a dividir la estructura del contenido, compuesto por cinco capítulos, y una breve descripción sobre cada uno de ellos.
- El Estado del Arte de la investigación realizada en este proyecto. En él se describe una revisión bibliográfica del mantenimiento, de la gestión del mantenimiento, de los sistemas GMAO y BI y de los indicadores de mantenimiento. Asimismo, se tendrá en cuenta el ciclo integral del agua y la organización del departamento de Mantenimiento de Instalaciones.
- La implementación de la herramienta Business Intelligence en la empresa, dónde se describirá el proceso de carga de datos, las propuestas de indicadores de mantenimiento realizadas por el alumno y la implementación de los indicadores en el sistema Business Intelligence.
- Se presentará los resultados obtenidos en forma de una lista de indicadores de mantenimiento listos para implantar en la empresa.
- Por último, se obtendrán las conclusiones más relevantes del proyecto, dónde se establece el análisis de los resultados obtenidos y los aspectos más reseñables del trabajo académico.

## 2 ESTADO DEL ARTE

---

*“No hay secretos para el éxito. Éste se alcanza preparándose, trabajando arduamente y aprendiendo del fracaso.”*

*Colin Powell*

**E**n este apartado se pone de manifiesto la realización de un análisis del Estado del Arte de los actuales indicadores de rendimiento utilizados en mantenimiento que las empresas han ido investigando para optimizar costes y tiempo.

El capítulo se estructura en cinco partes fundamentales: un repaso inicial del estado del arte del ciclo integral del agua y de la función y objeto social de la empresa; un segundo apartado para explicar y conocer la organización del departamento de mantenimiento de instalaciones en la empresa; un tercer y cuarto apartado para describir el mantenimiento, tipos de mantenimiento, la gestión del mantenimiento y los sistemas de información en la gestión del mantenimiento; por último, una revisión bibliográfica de las investigaciones realizadas sobre los indicadores de rendimiento actuales.

### 2.1 El ciclo integral del agua y la empresa

La actividad humana en la Tierra ha originado que la presencia del agua y su posterior tratamiento haya facilitado el consumo de agua potable y el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas.

El ciclo integral del agua juega un papel muy importante en cualquier lugar del mundo, por lo que es de vital importancia una buena gestión. Para empezar, todos los procesos implicados deben ser revisados y verificados para que se encuentren en buen estado, por el contrario, una avería en cualquier parte del ciclo provocaría retención de agua potable para los habitantes de una ciudad o pueblo. “Se conoce el ciclo integral del agua como el recorrido que realiza el agua con el fin de convertirse en apta para su consumo, utilización y su posterior reutilización”. (EMASESA, 2019) [1]

El agua es un bien esencial y escaso para los ciudadanos y para las actividades económicas de cualquier sector. Garantizar un correcto tratamiento y un suministro de agua seguro y de calidad es fundamental, de forma que durante el recorrido de todos los procesos se pierda el mínimo agua posible. (PWC, 2018) [2]

Durante las últimas décadas, en España se ha experimentado una gran transformación y se han logrado magníficos avances para mejorar el saneamiento y reutilización del agua residual. Además, en España (no coma) la gestión integral del agua presenta una serie de características respecto al suministro de agua, entre ellas,; es un servicio público en todas las ciudades españolas independientemente de la forma en que se gestione, se trata de un mercado regulado y comúnmente las Administraciones Públicas se relacionan con el sector privado. (PWC, 2018) [2]

Este proyecto se centra en una empresa completamente de índole público y de aquí en adelante se referenciará

a esta empresa como “COMPAÑÍA”.

COMPAÑÍA controla, hasta el más mínimo detalle, todas las fases que comprenden el ciclo integral del agua, persiguiendo la optimización de los recursos con el fin de fomentar un Desarrollo Sostenible. (Montero y Crespo, 2009) [3]

A continuación, se describen los procesos más destacados, sacados a partir de los tres autores mencionados anteriormente:

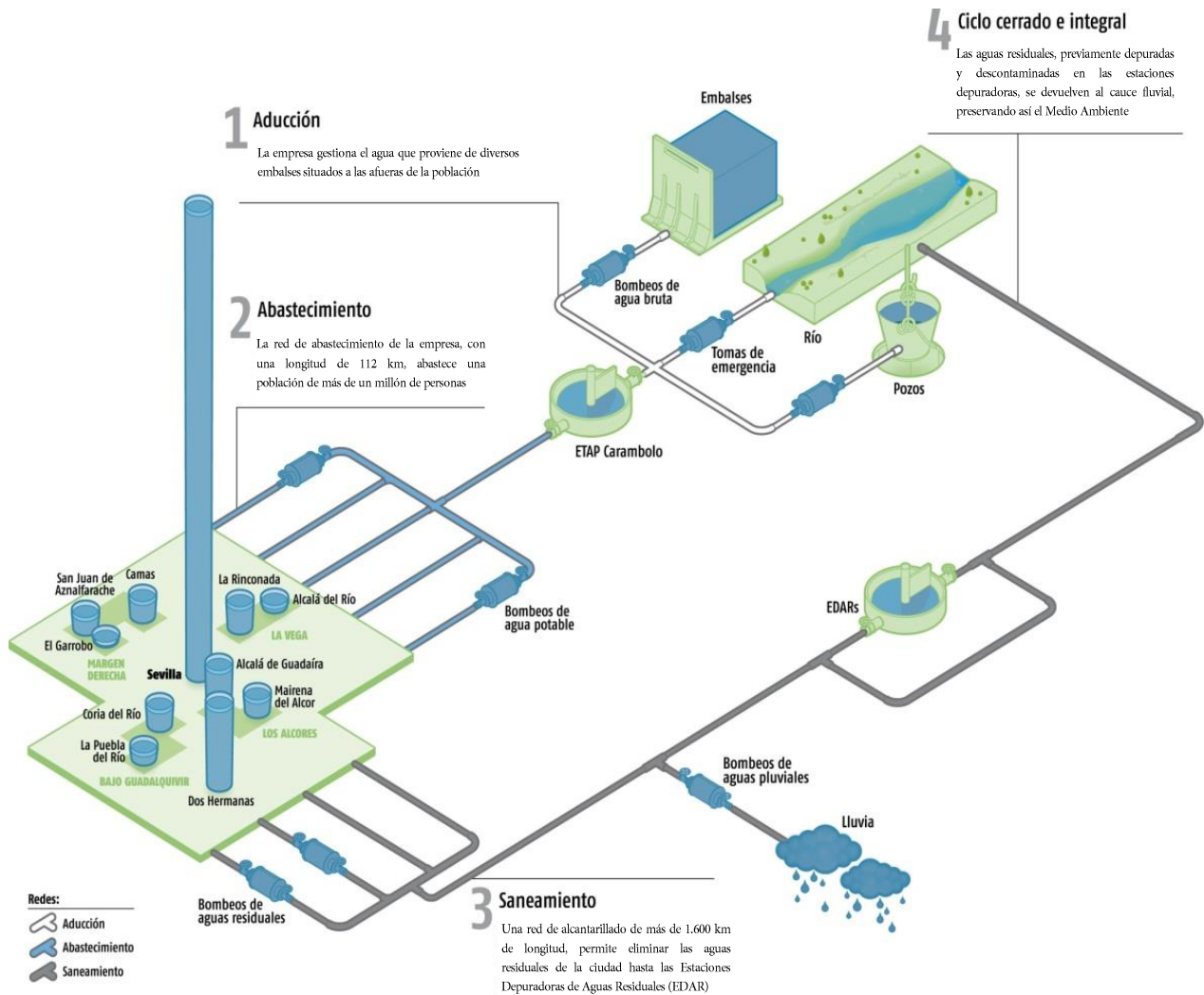


Figura 2-1. Ciclo integral del agua  
Fuente: Documento público de la página web de la empresa

### 2.1.1 Abastecimiento

Dentro del proceso de abastecimiento de agua se va a distinguir las siguientes etapas:

#### A. Aducción

El ciclo integral del agua se inicia con la recogida del agua en diferentes zonas receptoras:

- Aguas superficiales: embalses y ríos.
- Aguas subterráneas: pozos y manantiales.
- Agua de mar.

Para la captación del agua se utiliza un sistema de bombeo, que sirve para controlar la cantidad de agua que se



suministra a la planta.

La forma más común de receptar el agua de la lluvia es en embalses, los cuales suelen estar ubicados en entornos protegidos. Los embalses suelen estar formados por multitud de elementos para regular el agua de paso como, por ejemplo, las compuertas de las tuberías, los desagües de fondo, etc. Además, en algunas ocasiones, las empresas aprovechan una salida del agua para darle energía a centrales hidroeléctricas

## **B. Tratamiento**

La potabilización del agua es un proceso clave en la gestión integral del ciclo, pues los requisitos de salud, calidad y salubridad, son de total cumplimiento por la normativa en vigor, con el fin de eliminar cualquier tipo de contaminación y proteger la salud de las personas.

El proceso de tratamiento del agua se realiza en las llamadas ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable). La conducción del agua hasta las ETAP se lleva a cabo por gravedad o a través de estaciones de bombeo de Agua Bruta (EBAB). El agua bruta contiene materia orgánica, materia inorgánica y microorganismos, además del sabor, color, olor y turbiedad que posee. Estos elementos son eliminados en las ETAP a través de los diferentes procesos:

- Pretratamiento: Se eliminan los cuerpos extraños presentes en el agua mediante un proceso de cribado progresivo.
- Coagulación – floculación: Adición de productos químicos para la separación de las partículas que flotan en el agua para poder extraerlas.
- Decantación: Gracias a la acción de la gravedad, los flóculos formados en el proceso anterior se separan y se depositan en el fondo. Estos flóculos se extraen en forma de fango a través de tuberías purgadoras.
- Filtración: Se retiene los microflóculos del agua que no han sido extraídos en el proceso anterior.
- Neutralización: Se adhiere al agua los reactivos químicos como cal o sosa para que el paso del agua no corroa las tuberías y no provoque incrustaciones a la red de distribución.
- Desinfección final: Adición de agentes químicos oxidantes al agua, como cloro y derivados, para garantizar la calidad del agua ante posibles contaminaciones accidentales en la red de abastecimiento.

## **C. Red de abastecimiento**

Tras su potabilización, el agua que se almacena en los depósitos lista para su uso y consumo, es transportada hasta los hogares e industrias mediante la red de abastecimiento, que está dotada con infraestructuras electromecánicas que regulan el caudal, la presión y la calidad del agua suministrada entre otros parámetros. En muchos de los casos, las Estaciones de Bombeo (EB) juegan un papel muy importante para el transporte del agua.

El cuidado y atención de la red de abastecimiento es de vital importancia para evitar posibles fugas de agua potable, identificar en el mínimo plazo posible cualquier avería que signifique una interrupción en el suministro del agua, realizar mejoras que garanticen el suministro o mantener el nivel de los depósitos para asegurar un suministro de agua óptimo y seguro.

### **2.1.2 Saneamiento**

En el saneamiento del agua se va a distinguir las siguientes fases:

#### **A. Red de saneamiento**

La red de abastecimiento debe cumplir y asegurar la recogida de todas las aguas residuales y transportarlas hasta una estación de aguas residuales, llamada EDAR.

El proceso de saneamiento tiene dos objetivos particulares: evitar las inundaciones en la población y captar el 100% del agua que no es consumida por los habitantes. Para ello se instalan depósitos de retención de aguas pluviales que permite regular el caudal de agua recogido tras las lluvias y evitar la contaminación al cauce receptor.

#### **B. Depuración**

La depuración de aguas residuales comprende los procesos que se aplican al agua residual para que ésta pueda ser devuelta al medio ambiente en condiciones físicas, químicas y biológicas similares a las que presentaba en su estado natural.

Las EDARs juegan un papel primordial en el ciclo del agua. En ellas se procesa y recicla el agua antes de devolverla al cauce natural. La construcción, operación y mantenimiento de estos sistemas son complejos y costosos, pero la calidad del medio ambiente depende de ello.

Una EDAR estaría formada por las siguientes etapas:

1. Desbaste de sólidos a través de rejillas de gruesos y finos.
2. Desarenado y desengrasado para eliminar arenas y sólidos pesados, y grasas y floculantes.
3. Decantación primaria para eliminar la materia en suspensión.
4. Tratamiento secundario o biológico para eliminar la contaminación orgánica de las aguas residuales.
5. Clasificación o decantación secundaria que tiene por objetivo separar el fango activado del agua.
6. Tratamiento terciario en el que se realiza un tratamiento de afino, filtrado y desinfectado.
7. Tratamiento del fango. Éste es el subproducto de la depuración de las aguas residuales, el cual se deshidrata para facilitar su transporte hasta el vertedero o su transformación en abono orgánico.

Además, en las EDAR se puede dar otro aprovechamiento de energía, que es gracias a la Cogeneración.

### C. Laboratorios

Es muy común hacer uso de laboratorios en empresas de gestión del ciclo integral del agua, teniendo como objetivo principal garantizar la calidad del agua durante todo su proceso y controlar el correcto funcionamiento de los contadores instalados para la medición del consumo realizado.

#### 2.1.3 Objeto social de la empresa

El objeto social de esta empresa comprende: (EMASESA, 2019) [1]

- La realización de todas las actividades relativas a la planificación, programación, proyecto e investigación, cooperación al desarrollo, formación, asesoramiento, construcción, explotación, mantenimiento y gestión de los recursos y servicios hídricos en todas las fases del ciclo integral del agua, desde la producción, adquisición y adjudicación, tratamiento y distribución de caudales, hasta la evacuación, vertido, saneamiento, depuración, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y fangos, así como la comercialización de todos esos productos y servicios, pudiendo establecer y desarrollar cuantas industrias y negocios sean instrumentales, complementarios o accesorios de las actividades relacionadas.
- En el ámbito de actividades contemplado en el apartado anterior, la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y depuración de aguas residuales de todos los Ayuntamientos que ostenten la cualidad de socios, así como la participación en la coordinación y/o prestación del servicio de abastecimiento de agua potable, saneamiento y depuración de aguas residuales en el ámbito supramunicipal cuando tales actuaciones sean competencia de los Ayuntamientos socios por acuerdo, delegación o autorización del ente, local, autonómico o estatal, que las tenga atribuidas conforme a lo previsto en la normativa aplicable.

La Sociedad podrá desarrollar las actividades integrantes del objeto social, total o parcialmente, de modo indirecto, mediante la titularidad de acciones o participaciones en sociedades o entidades con análogo objeto.

## 2.2 Organización del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones

Las empresas que tienen una alta responsabilidad con la población como son las organizaciones que se encargan del abastecimiento y saneamiento del agua en una ciudad de millones de habitantes deben tener una división óptima de los trabajadores y, para ello, el departamento de mantenimiento se organiza de una forma jerárquica y funcional desde el Jefe de División, pasando por los Jefes de Secciones, hasta los Oficiales y

Ayudantes.

En la actualidad, COMPAÑÍA en toda su plenitud, se encuentra adaptada en tecnologías y softwares actuales de sistemas de información para gestionar todo tipos de datos entrantes y salientes. Poco a poco se va acudiendo a sistemas de información que permitan procesar y/o ver datos y parámetros en vivo para una intervención inmediata, y modelos de mantenimiento predictivo que permita reducir costes a la organización.

Uno de los puntos fuertes para una gestión óptima del mantenimiento en una empresa de este calibre es un departamento bien organizado y bien comunicado con los demás departamentos de la empresa, contribuyendo a la sinergia entre ellos.

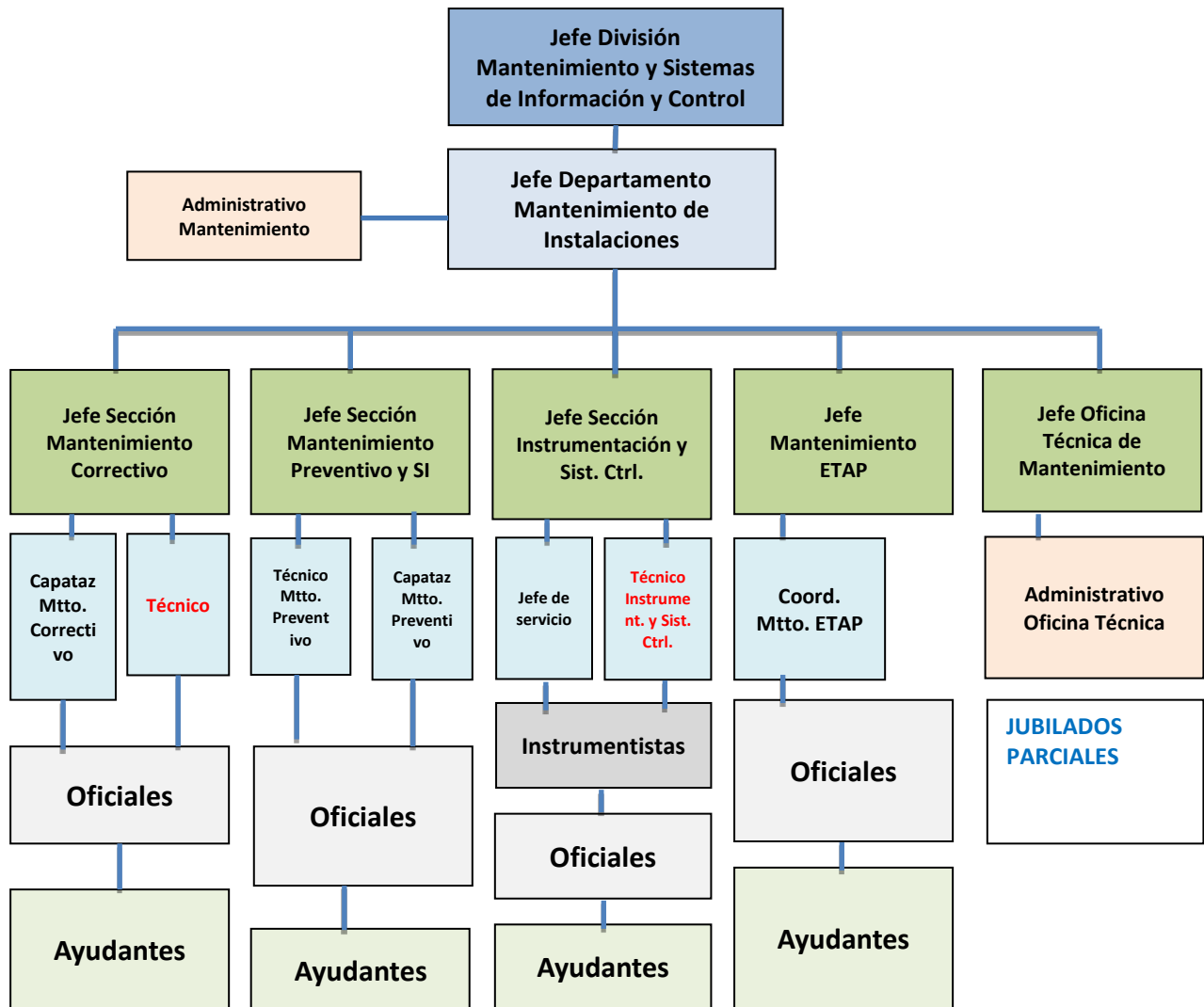


Figura 2-2. Organización del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones  
Fuente: Elaboración propia a partir de documentos de. Organigrama de la empresa

Esta organización del departamento de Mantenimiento e Instalaciones sigue una estructura jerárquica funcional formada por secciones dentro de cada departamento liderados por jefes de grupos. Esta jerarquía permite conocer los puntos fuertes y puntos débiles de cada sección, dándole así una ayuda extra entre ellos. Además, está implementado reuniones informativas de propuestas en común para la mejora continua del mantenimiento.

## 2.3 El mantenimiento industrial y la gestión del mantenimiento

Desde tiempos inmemorables, el mantenimiento industrial ha jugado un papel imprescindible para continuar con la utilización de los sistemas y elementos activos que con el paso del tiempo se vuelven obsoletos, o simplemente por su uso diario dejan de funcionar correctamente. Aunque no es hasta mediados del siglo XX

cuando ha empezado a evolucionar el mantenimiento hacia un modelo de gestión del mantenimiento eficaz.

El mantenimiento es definido, según Norma europea 13306 (AENOR, 2018) [4], como una combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.

Por otro lado, una tarea de mantenimiento es el conjunto de actividades que debe realizar el usuario para mantener la funcionalidad del elemento o sistema (Knezevic, 1996) [5]. Las tareas de mantenimiento serán las llamadas Órdenes de Trabajo.

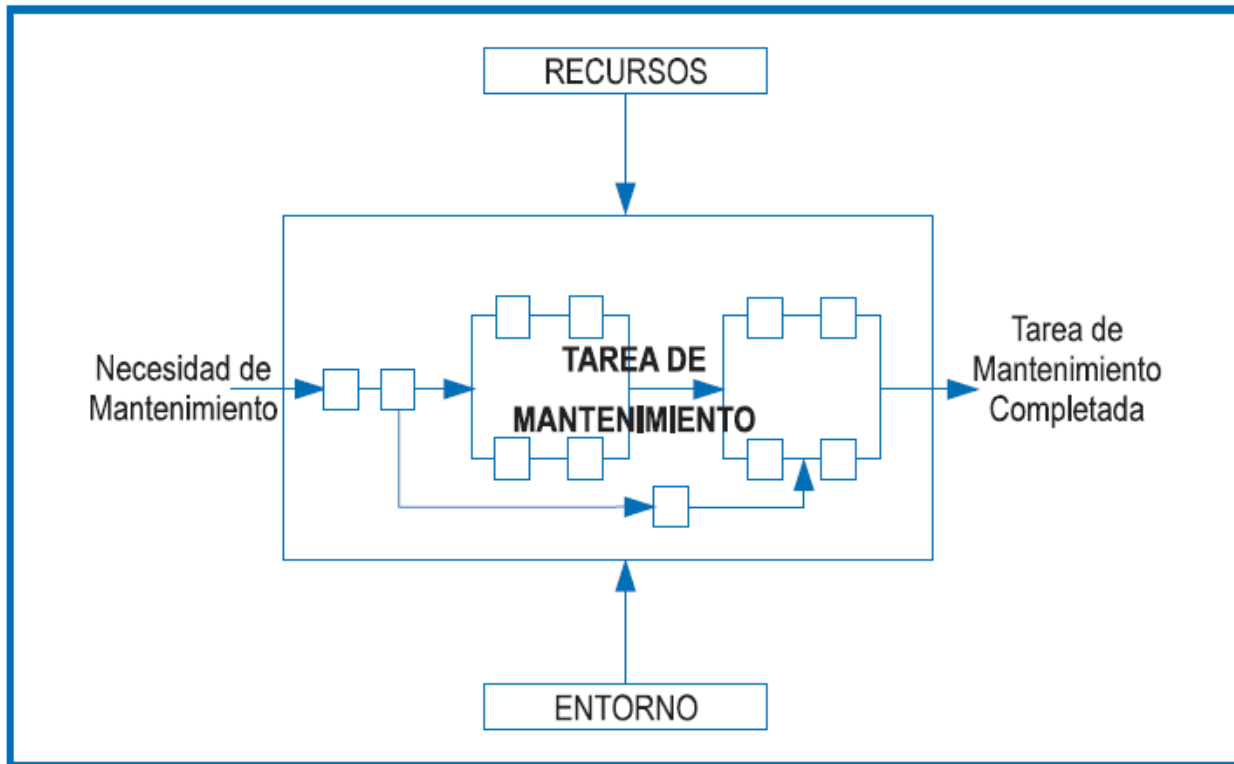


Figura 2-3. Tarea de mantenimiento

Fuente: Libro de Mantenimiento, por Jezdimir Knezevic

De esta forma, la entrada para el proceso de mantenimiento está representada por la necesidad de ejecución de una tarea específica con el objetivo de que el usuario conserve la funcionalidad del elemento o sistema, mientras que la salida es la propia realización de la tarea de mantenimiento, como se observa en la Figura 2-3. Es necesario fijarse que cada tarea específica requiere recursos específicos para su finalización, llamados recursos para la tarea de mantenimiento. También es importante recordar que cada tarea se realiza en un entorno específico.

Esta misma norma define la gestión del mantenimiento se define como todas las actividades de la gestión que determinan los requisitos, los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control de este y la mejora de las actividades de mantenimiento y las cuestiones económicas.

Sin embargo, nos podemos encontrar con muchas definiciones de la gestión del mantenimiento, entre ellas se destaca la siguiente: (Crespo Márquez, 2007) [6]

“Todas las actividades del mantenimiento que determina los objetivos o prioridades del mantenimiento (definido como propósito asignado y aceptado por el departamento de mantenimiento y su gestión), estrategias (definido como un método para alcanzar los objetivos del mantenimiento), y responsabilidades e implementarlos por medio de planificación del mantenimiento, supervisión y control del mantenimiento, y métodos de mejoras, incluyendo los aspectos económicos de la organización”.

Para tener un mayor conocimiento en los cálculos de los KPIs correspondientes que se deriven de este trabajo académico es necesario conocer una cantidad de términos y definiciones que se verán reflejados a la hora de

calcular los indicadores propuestos.

### 2.3.1 Tipos de mantenimiento

Los departamentos suelen estar organizados por tipos de mantenimientos que se realizan dentro de una compañía.

Para lograr optimizar el funcionamiento de la gestión en el mantenimiento, se debe hacer un control sobre los fallos que presente cada elemento o sistema, debido a que estas en ningún momento serán iguales. Es aquí donde el mantenimiento se subdivide dependiendo de las tareas a realizar para atacar estos acontecimientos. En el momento en que el área de mantenimiento se encuentre con un buen funcionamiento, solamente se utilizarán las técnicas del mantenimiento predictivo y preventivo, dejando en el olvido el mantenimiento correctivo.

De acuerdo con la norma europea UNE-EN 13306 (AENOR, 2018) [4] el mantenimiento se divide en los siguientes tipos:

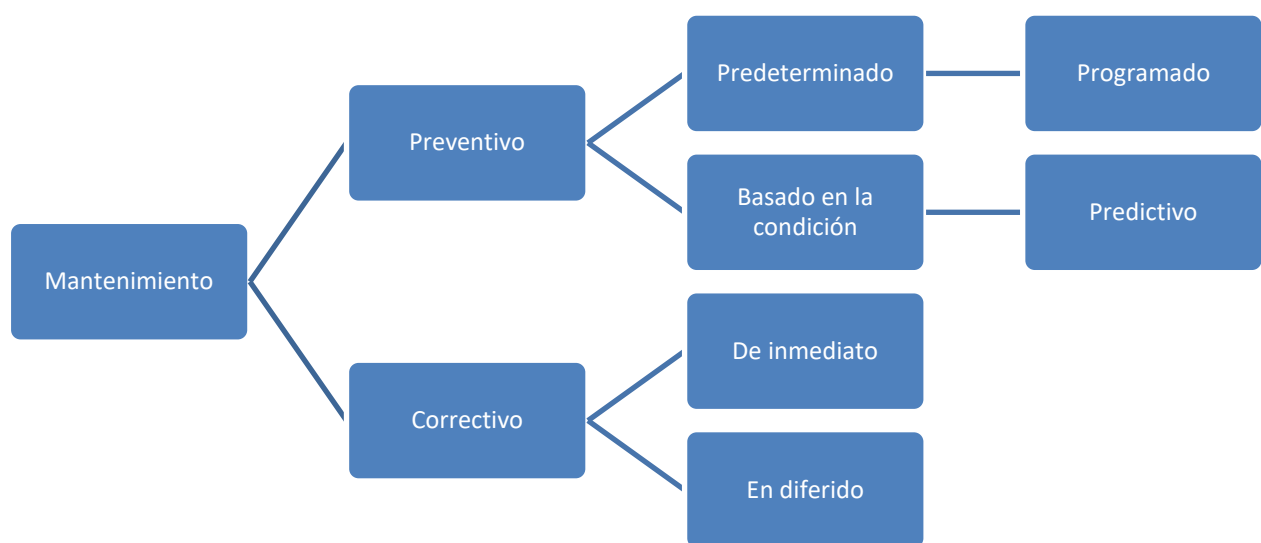


Figura 2-4. Clasificación de los tipos de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma UNE-EN 13306.

#### - Mantenimiento correctivo:

Es el mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.

Este mantenimiento es común encontrarlo en las empresas pequeñas y medianas, presentando una serie de inconvenientes a saber: (Soria Medina & Cáceres Díaz, 2017) [7]

- Normalmente cuando se hace una reparación no se alcanzan a detectar otras posibles fallas porque no se cuenta con el tiempo disponible.
- Por lo general el repuesto no se encuentra disponible porque no se tiene un registro del tipo y cantidad necesarios.
- Generalmente la calidad de la producción cae debido al desgaste progresivo de los equipos.

#### - Mantenimiento preventivo:

Es el mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento.

Se lleva a cabo de acuerdo al número de horas de funcionamiento establecidas en un calendario, previamente diseñado, con un alto nivel de planeación. Los procedimientos repetitivos, o como comúnmente se les llama de rutina, requieren establecer frecuencias que se ajusten a las necesidades. Para ello, se necesitan conocimientos de la distribución de fallas o la confiabilidad del equipo.

- Mantenimiento programado:

Es el mantenimiento que se realiza de acuerdo con un programa de calendario establecido o un número establecido de unidades de utilización.

- Mantenimiento basado en la condición:

Es el mantenimiento preventivo que incluye una combinación de la evaluación de las condiciones físicas, el análisis y las posibles acciones de mantenimiento posteriores.

- Mantenimiento predictivo:

Es el mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.

Este tipo de mantenimiento consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, pudiendo con ello anticiparse a la falla catastrófica. (Soria Medina & Cáceres Díaz, 2017) [7]

Los ensayos más frecuentes son:

- Desgaste: mediante el análisis de partículas presentes en el aceite se puede determinar dónde está ocurriendo un desgaste excesivo.
- Espesor de paredes, empleado en tanques.
- Vibraciones: utilizado para saber el estado de los rodamientos y desalineamiento en los equipos.
- Altas temperaturas.

El mantenimiento predictivo es costoso pero su información es valiosa para llevar a cabo un buen programa de mantenimiento preventivo.

### 2.3.2 Términos y parámetros importantes en la gestión del mantenimiento

La norma Europea (AENOR, 2018) [4] especifica los términos genéricos y las definiciones para las diferentes áreas técnicas. En este punto se van a nombrar los elementos más específicos que resultarán de utilidad en el presente proyecto, aunque hay muchos otros de gran importancia para el mantenimiento e indicadores asociados.

#### 1. Averías y estados de los equipos:

- Avería: estado de un elemento caracterizado por la inaptitud para realizar una función requerida, excluyendo la inaptitud durante el mantenimiento preventivo o por otras acciones planificadas, o debido a la falta de recursos externos.
- Estado de disponibilidad: Estado de un elemento caracterizado por el hecho de que puede realizar una función requerida, asumiéndose que se proporcionan los recursos externos si fuesen necesarios.
- Estado de indisponibilidad: Estado de un elemento en el que la aptitud para realizar la función requerida está reducida, pero con un desempeño reducido aceptable.

#### 2. Actividades de mantenimiento a desarrollar:

- Inspección: Examen de conformidad mediante medición, observación o ensayos de las características relevantes de un elemento.
- Recuperación: Evento en el que, después de un fallo, se restablece el estado de disponibilidad.
- Reparación: Acción física que se realiza para restablecer la función requerida de un elemento averiado.

#### 3. Términos relativos al tiempo:

- Tiempo de disponibilidad (up time): Intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en

estado de disponibilidad.

- Tiempo de indisponibilidad (down time): Intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en estado de indisponibilidad.
- Tiempo de funcionamiento (operating time): Intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en estado de funcionamiento.

### 2.3.3 Historia de la gestión del mantenimiento

Desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha atravesado diversas etapas que han provocado un progreso en el proceso industrial. Inicialmente, en esta época, el mantenimiento era principalmente correctivo y el operario era el responsable de solucionarlo porque era quien estaba más familiarizado con ellos.

No es hasta la Primera Guerra Mundial, y con la introducción de la producción en serie (iniciada por Ford), cuando las máquinas se hacían más complejas y el esfuerzo y dedicación a tareas de reparación aumentaba, entonces comenzaron a crearse los primeros talleres de mantenimiento. El personal de mantenimiento tenía una dedicación exclusiva a la reparación de averías y tenía pues una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas también en esta época eran básicamente correctivas.

Durante la Segunda Guerra mundial empiezan a aparecer los conceptos de fiabilidad y de mantenimiento preventivo para conseguir un mayor ahorro en costes y tiempo en los Departamentos de Mantenimiento en las empresas y nace el Mantenimiento basado en la Fiabilidad (Reliability Centered Maintenance), cómo se comenta en el Libro de Organización y Gestión integral del Mantenimiento. (García Garrido, 2003) [8]

En esta época, los departamentos de mantenimiento buscan no solo solucionar las fallas que se producen en los equipos a través del mantenimiento correctivo, sino, sobre todo, prevenirlas y actuar para que no se produzcan, mediante actuaciones preventivas.

El desarrollo del mantenimiento hacia una mayor eficiencia comienza a afianzarse en la década de los 70s, con la filosofía de mantenimiento basada en la aplicación del concepto de Coste Ciclo de Vida (Life Cycle Cost), nacido en Estados Unidos, cómo dice el autor del Libro de Auditoría del Mantenimiento. (González Fernández, 2010) [9]

A la par de este concepto de gestión del mantenimiento, entre otras cosas, nace el método organizativo de mantenimiento, creado en Japón, llamado Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance) teniendo como objetivo el máximo rendimiento global de las instalaciones de producción, de nuevo según el libro de Auditoría del Mantenimiento. (González Fernández, 2010) [9]

TPM y RCM, como filosofías de gestión del mantenimiento que empiezan a implantarse entonces en un número creciente de empresas, se desarrollan de forma simultánea, ya que no se trata de sistemas opuestos, sino complementarios. En algunas organizaciones, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. RCM es el eje central y se apoya en TPM para su desarrollo. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos. (García Garrido, 2003) [8]

Con el paso del tiempo van surgiendo muchas iniciativas que intentan lograr que el mantenimiento sea más eficaz y eficiente, dando lugar a evoluciones más complejas en el desarrollo de la gestión del mantenimiento. Con el avance tecnológico nacen los Sistemas de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador, que es tal y como la actualidad del mantenimiento se encuentra, y dónde aparecen más de lleno los términos de mantenimiento preventivo y predictivo.

En la figura 2-5 se puede abordar las generaciones por las que han pasado la gestión del mantenimiento hasta la actualidad y dónde nos encontramos ahora. Las tendencias en cada una de las generaciones pasadas son las siguientes: (Pastor Rodríguez & Gómez Fernández, 2018) [10]

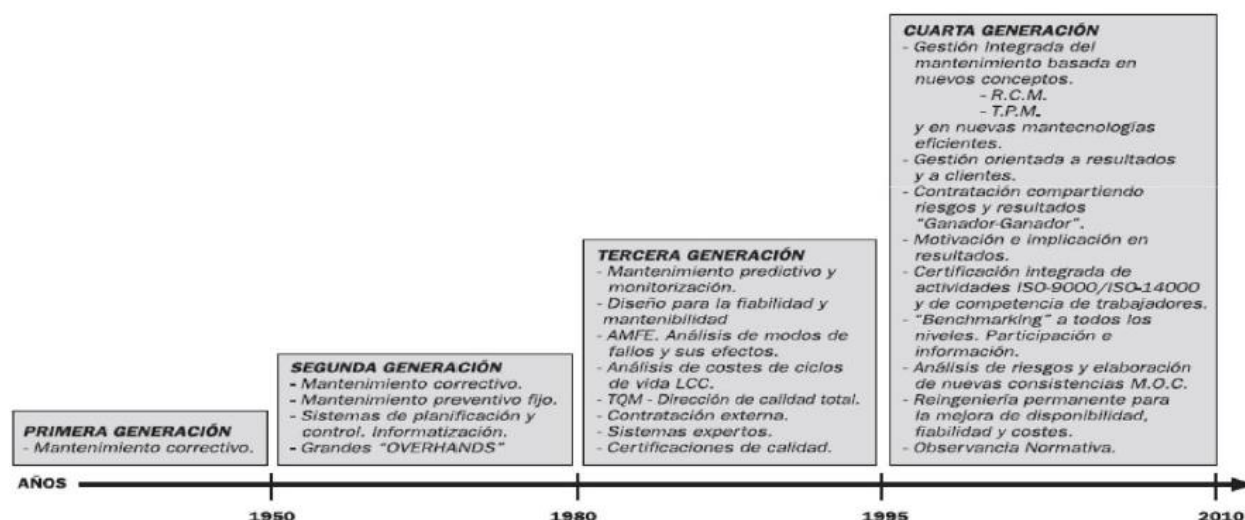


Figura 2-5. Evolución de la gestión del mantenimiento hasta la actualidad

En la actualidad existe la necesidad de integrar todos los nuevos conceptos de mantenimiento que se han planteado. El mantenimiento debe ser estratégico en la empresa y debe englobar la gestión de gastos, inventarios, activos, operaciones y las personas.

Por otro lado, la gestión moderna del mantenimiento para definir la estrategia de mantenimiento, según Norma europea 13306:2018 (AENOR, 2018) [4], abarca todas las actividades de gestión siguientes:

- Asegurar la disponibilidad del elemento para la función requerida, al coste óptimo.
- Considerar la seguridad, las personas, el medio ambiente y otros requisitos obligatorios asociados al elemento.
- Considerar cualquier impacto sobre el medio ambiente.
- Mantener la durabilidad del elemento y/o calidad del producto o servicio suministrados, considerando los costes.

Con el desarrollo de los modelos de gestión del mantenimiento, a su vez, va exigiendo una mayor demanda por automatización de medidas que sean tangibles desde el punto de vista del mantenimiento, siempre con el objetivo de sacar el máximo provecho a las empresas con un ciclo de vida alto y un coste de tiempo y dinero mínimo. Éste sería el problema de programación lineal a solucionar.

A lo largo de los últimos 30 años, se han desarrollado diversos modelos de gestión del mantenimiento. A través del artículo (López Campos & Crespo Márquez, 2015) [11] se puede hacer un orden cronológico de los diferentes modelos que se han ido desarrollando, escogidos por el autor en base a los siguientes criterios:

- Que se propusiera un modelo de gestión global y no uno enfocado en una sola fase de la gestión o en una herramienta de mantenimiento.
- Que se propusiera un modelo que no fuera informático o tipo GMAO.
- Que el modelo estuviera publicado en una revista científica.
- Que se presentara una propuesta de modelo nueva, no una revisión o aplicación de uno ya existente.
- Que el modelo preferentemente tuviera una representación gráfica.

Tabla 2-1. Desarrollo de modelos de gestión del mantenimiento

Año	Innovaciones	Autores
1990	Plantean un completo sistema de indicadores de mantenimiento	Pintelon y Van Wassenhove



1992	Exponen la necesidad de que exista un vínculo entre mantenimiento y las demás funciones organizacionales Resaltan la organización por niveles para ejecutar las funciones de mantenimiento Vislumbran la utilización de sistemas expertos Mencionan el TPM y RCM	Pintelon y Gelders
1995	Proponen un análisis de eficacia y eficiencia del mantenimiento Enfatiza la importancia del liderazgo directivo en la gestión del mantenimiento Introduce el concepto de reingeniería de mantenimiento	Vanneste y Wassenhove Campbell
1997	Sugiere un modelo basado en el concepto de la teoría situacional de gestión	Riis, et al.
2000	Proponen el uso de una gran variedad de herramientas y conceptos japoneses para el control estadístico de los procesos de mantenimiento, utilizando un módulo llamado “control de retroalimentación”	Duffua, et al.
2001	Orientan su modelo al uso informático, lo expresan en lenguaje IDEF O (un lenguaje estándar de modelado)	Hassanain, et al.
2002	Vislumbra la utilización del e-maintenance Propone una guía para analizar la conveniencia de la subcontratación como un elemento de entrada al sistema de mantenimiento Incorporan tanto el conocimiento tácito como el explícito y lo integra en una base de datos computarizada Valoran especialmente la gestión del conocimiento dentro de un modelo de mantenimiento	Tsang, Waeyenbergh y Pintelon
2006	Sugieren la unión de herramientas QDF y TPM dentro de un modelo de gestión de mantenimiento	Pramod, et al.
2007	Proponen que el mantenimiento se enfoque en el cumplimiento de requisitos de todas las partes interesadas Aporta un modelo con una metodología de aplicación claramente expresada, orientado a la mejora de la fiabilidad operacional y del coste del ciclo de vida de los activos industriales	Soderhom, et al. Crespo
2010	Aplicación de tecnologías TIC en todas las etapas dentro de un ciclo de mejora continua Considera el proceso de selección de repuestos críticos	López, M., Gómez, J.F., González, V. y Crespo, A.

Para la gestión del mantenimiento industrial es necesario poner en juego un cierto volumen de información, que permita articular y coordinar las acciones de los diferentes puestos de trabajo que configuran su organización y coordinarse con el resto de la empresa. (Crespo Márquez, Moreu de León, Sánchez Herguedas, & AENOR, 2004) [12]

## 2.4 Sistemas de información para la gestión del mantenimiento

La propuesta de unos indicadores de mantenimiento viene dada por unos antecedentes bien marcados desde

que las empresas tienen como objetivos minimizar lo máximo posible el tiempo y costes en las operaciones de mantenimiento. Debido a esto, surge en la empresa descrita anteriormente la necesidad de intercalar los datos obtenidos día a día con unos cálculos porcentuales o sumatorios, para conocer de primera mano el comportamiento de los activos y los recursos disponibles.

Esta iniciativa en COMPAÑÍA, parte de la existencia de un sistema GMAO que fue implantado años atrás, y de unos indicadores que fueron creados manualmente, aunque calculados de una manera muy grosera y poco precisa, la cual tuvo que ser desechada. Nace entonces este cálculo automático de indicadores desde la herramienta Business Intelligence de SAP.

Para alcanzar el objetivo de conocer la función de los KPIs en el sistema BI pertinente, se tomará como referencia los sistemas de información precedentes con los que se han conseguido llegar hasta este nivel de manejo de datos.

### 2.4.1 Sistemas ERP

El avance exponencial de la tecnología a día de hoy ha provocado que cualquier departamento de las grandes empresas, y ya no tan grandes, lleguen a informatizarse con el objetivo de tener todo almacenado, controlado y centralizado en una base de datos para poderse consultar en cualquier momento. Los sistemas de información juegan un papel muy importante en las empresas y, entonces, desde hace años comenzó a surgir la necesidad de los conocidos Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning). En el caso de la gestión del mantenimiento a través de un sistema ERP, es el llamado Sistema de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO). (Montero & Crespo, 2009) [3].

A modo de introducción, un sistema ERP, o Planificación de Recursos Empresariales tiene como objetivo diseñar un sistema de información eficiente integrando y automatizando un conjunto de actividades para hacer de éste un medio más rápido y transparente. Los sistemas ERP pueden ser considerado como un paquete integrado de procesos de negocios. El alcance del sistema determina la extensión de la automatización de los procesos. (Ganesh, Mohapatra, Anbuudayasankar, & Sivakumar, 2014) [13]

Los sistemas ERP ayudan a mejorar todos los sistemas en una empresa para que puedan ser comunicados más a fondo y más coordinado, y para que los sistemas de información usados para dirigir las demás funciones de la organización estén completamente integrados. (Wireman, 2005) [14] Se puede decir que el propósito de un tipo de sistema ERP es ayudar a los clientes de una empresa, a través de tiempos rápidos de respuesta a problemas, de un manejo eficiente de la información almacenada y resultando una minimización de los costes.

En el caso de la empresa de gestión integral del ciclo del agua se ha tomado como sistema GMAO la plataforma SAP en el módulo de mantenimiento PM, la cual fue establecida con gran éxito. Este tipo de plataforma de gran envergadura son implementados en grandes empresas y multinacionales, ya que el hecho de tener todo clasificado y almacenado es vital para perseverar el orden entre los diferentes departamentos en la empresa.

Las siglas SAP vienen de las palabras alemanas Systeme, Anwendungen und Programme, que se traducen al español como Sistemas, Aplicaciones y Programas. SAP es el nombre de la empresa que crearon en 1972 unos consultores alemanes en la ciudad de Walldorf, situada en la región de Baden-Württemberg de la República Federal Alemana. El software del que estamos hablando es R/3. Lo que ocurre es que casi todo el mundo se refiere al software (R/3) por el nombre de la empresa (SAP). (Díaz Domínguez, 2011) [15]

Además, las aplicaciones de SAP funcionan de un modo integrado, de manera que existe una conexión implícita entre los procesos logísticos y financieros, así como con los recursos humanos. Aunque hay una gran cantidad de módulos y submódulos funcionales dentro de las grandes áreas, estas aplicaciones funcionan igual de bien, aunque se empleen de manera independiente.

Los principales módulos de SAP son los siguientes:

- FI (Financial Accounting – Contabilidad Financiera).
- CO (Controlling – Contabilidad Analítica).
- AM (Fixed Assets Management – Activos Fijos).
- PS (Project System – Gestión de Proyectos).

- MM (Material Management – Gestión de Materiales).
- SD (Sales & Distribution – Ventas y Distribución).
- PP (Producing Planning – Planificación de la Producción).
- QM (Quality Management – Gestión de la Calidad).
- PM (Plant Maintenance – Mantenimiento de Planta).
- CS (Customer Service – Servicio al Cliente).
- WF (WorkFlow – Flujos de Trabajo).
- HR (Human Resource – Recursos Humanos).

### 2.4.2 Sistemas GMAO

Existen multitud de plataformas, aplicaciones y softwares que facilitan la gestión y control de las empresas hoy en día. Muchos softwares GMAO son demandados en la actualidad, pudiendo tenerse una gran gama de éste tipo de sistema ERP. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- CARL Source: Conocida como la GMAO de la nueva generación, la cual hace un estudio completo de la situación de la empresa y la adapta convenientemente a la organización.
- LINX 7.0: Buen sistema ERP resaltado por su facilidad de implementar en una empresa.
- MAPEX Maintenance Manager: Se distingue de los demás por su buena interfaz y su versatilidad a la hora de gestionar o visualizar los datos.

Aunque hay una gran cantidad de softwares más, además de los nombrados, la elección de SAP para la organización no es debido al azar. Hay muchas investigaciones y comparaciones de mercado que han hecho falta realizar para lograr dar con este tipo de GMAO y, por consiguiente, adaptarlo a la empresa en particular.

El módulo PM de SAP es el encargado de la gestión de la planificación y ejecución para la realización del mantenimiento. Se compone de los siguientes componentes:

- Gestión del servicio técnico.
- Gestión de los objetos técnicos.
- Avisos de mantenimiento por fechas o contador.
- Gestión de las Órdenes de Trabajo de mantenimiento.
- Planificación del mantenimiento preventivo.
- Listas de materiales de mantenimiento.
- Sistema de información de mantenimiento.

Es de recalcar que el módulo PM tiene aplicación tanto a las tareas de mantenimiento de instalaciones propias como de clientes. (Díaz Domínguez, 2011) [15]

En la mayoría de las empresas, es acumulado suficientes datos de mantenimiento y funciones de ingeniería para requerir de una informatización del flujo de datos. Esto facilita la recolección, el procesamiento y el análisis de los datos. El uso de los sistemas GMAO se han popularizado en la mayoría de los países del mundo. Esta plataforma dirige todas las funciones mencionadas y aporta una ayuda para la gestión de los activos. (Wireman, 2005) [14]

Se toma así, como corazón de los sistemas GMAO, las Órdenes de Trabajo (OTs), que se toma como corazón de entrada de datos y vehículo de la información en todos los flujos, por lo que resulta de vital importancia diseñar medidores basados en éstos, dándole la mayor información posible a todos los campos a cumplimentar para su posterior análisis. (Crespo Márquez et al., 2004) [12]

La Orden de Trabajo es el documento que informa al trabajador, sea operario o técnico, sobre la tarea que tiene que realizar. En ella se recogen los datos más importantes de cada intervención. (García Garrido, 2003) [8]

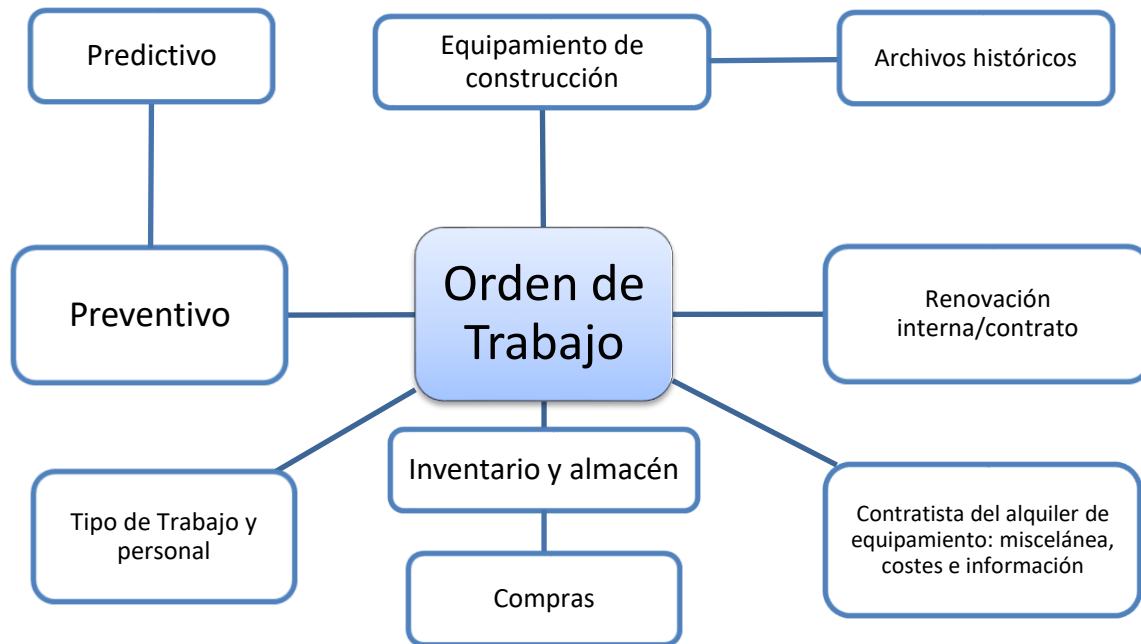


Figura 2-6. Diagrama de Flujo de un Sistema GMAO

Fuente: Elaboración propia a partir del libro “Developing Performance Indicators for Managing Maintenance”

Las órdenes constituyen una parte importante de la planificación y de la ejecución detallada de medidas y de su documentación correspondiente en mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

La Orden de Trabajo no tiene por qué presentar el mismo formato para todas las tareas de mantenimiento. En algunos casos podrá ser lo más conveniente, pero en la mayoría será recomendable elaborar variantes para necesidades concretas (inspecciones, lubricación, resultado de ciertas monitorizaciones, etc.). (Merchán Guerrero & Moreu de León, 2017) [16]

La orden de mantenimiento contiene informaciones sobre:

- Fechas.
- Recursos, material, horas necesarias de trabajo para las medidas a realizar, datos de las operaciones que realizan empresas externas (dependencia con los módulos MM de aprovisionamiento y recursos humanos o HR).
- Reglas para la liquidación de los costes originados por la orden (dependencia con módulo CO de contabilidad analítica).

Se pueden complementar con avisos, aunque no es necesaria la existencia de avisos para utilizar las órdenes. La utilización de avisos previos dependerá del proceso de mantenimiento que se siga (correctivo, solicitud de mantenimiento, órdenes de trabajo sin avisos, etc.), así como de la información que se necesite recoger en el sistema para cada tipo de actuación de mantenimiento de cara a la explotación futura de la información mediante el sistema de información estándar de módulo PM de SAP.

Para explicar el papel de la Orden de Trabajo, con la Figura 3-2 se hará una descripción funcional y orgánica de cómo actúan las órdenes de trabajo dentro de un sistema GMAO y cómo se nutren de información las mismas. (Crespo Márquez et al., 2004) [12]

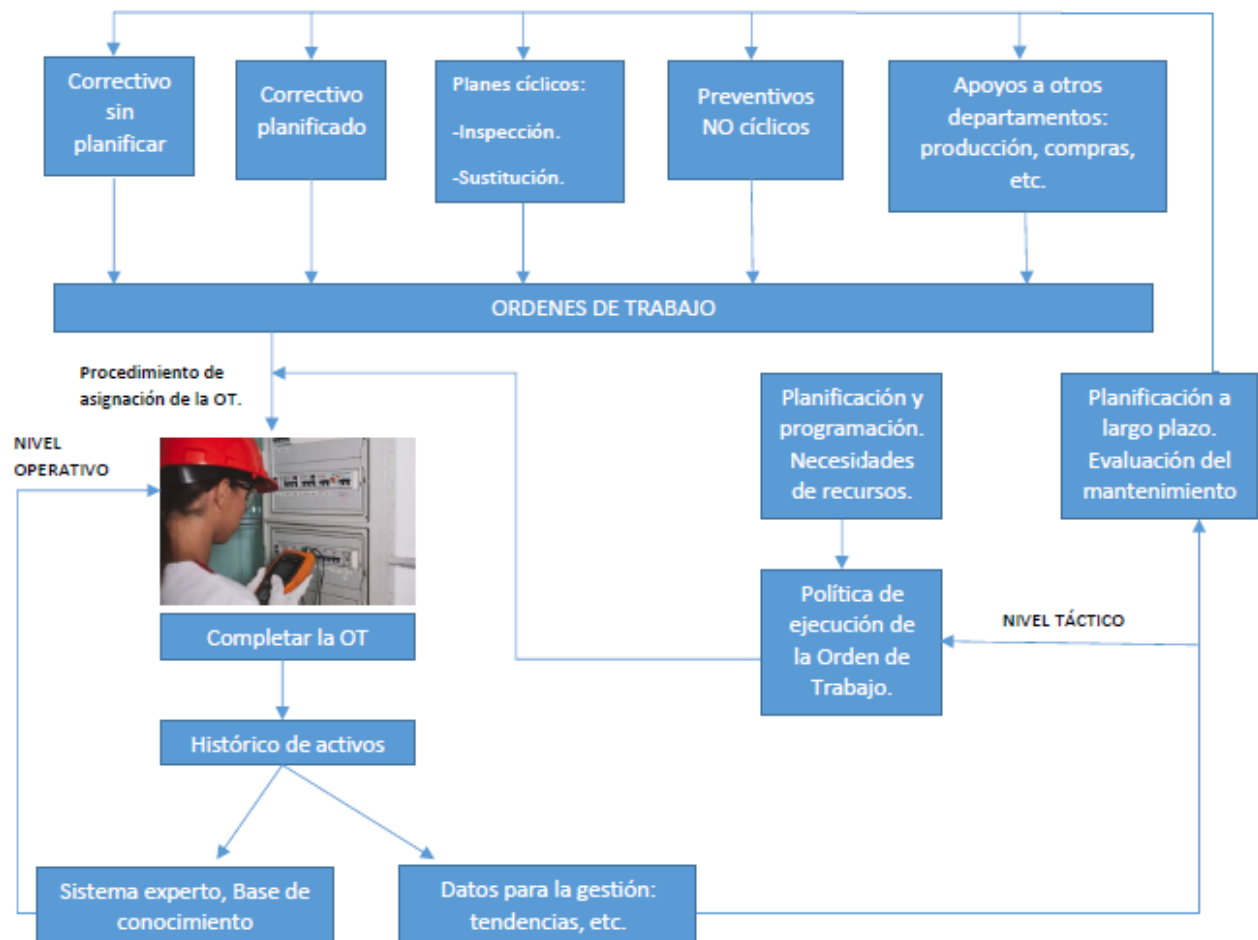


Figura 2-7. Esquema modular general del sistema de información para la gestión del mantenimiento  
Fuente: Libro de “Ingeniería del mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa”,  
realizado por Crespo Márquez et al., 2004

- Mantenimiento correctivo sin planificar:

Actuaciones para prevenir y suprimir las disfunciones encontradas en las instalaciones deben ser, en función de la prioridad que se les asigne, subsanadas tan pronto como sea posible. Estas disfunciones se perciben de forma inesperada en el curso de la actividad regular de la instalación. Una vez localizado el punto de intervención, se origina la Orden de Trabajo pertinente.

- Mantenimiento correctivo planificado:

Intervenciones para eliminar disfunciones que permiten el funcionamiento del equipo hasta encontrar un momento propicio para la reparación. Para que dicha operación pueda llevarse a cabo deberá generarse previamente la correspondiente Orden de Trabajo.

- Planes cíclicos de trabajo (preventivo):

Inspecciones, planes de lubricación, limpieza, ajuste o sustitución de componentes, de acuerdo con las especificaciones de los equipos y planes de utilización de los mismos, es decir, los planes de producción que se esperan de los equipos (se considerarán los parámetros de medida definidos para cada equipo, tales como horas de funcionamiento efectivo, número de componentes, etc.). Se introducirá aquí, como realimentación, el histórico de intervenciones pasadas.

Estos planes cíclicos, originarán necesidades de intervención y, por tanto, órdenes de trabajo. Como consecuencia de estas intervenciones, se pueden detectar defectos que hagan convenientes nuevas intervenciones preventivas (intervenciones preventivas no cíclicas).

- Intervenciones preventivas no cíclicas:

Operaciones de mantenimiento preventivo cuya conveniencia se ha detectado al realizar alguna otra

intervención (normalmente durante las inspecciones cíclicas).

Se trata de una necesidad de actuación sobre los equipos para anticiparse a un posible fallo, cuando aún no existe disfunción alguna o para aprovechar el momento más oportuno para realizar estas labores. Son, por tanto, operaciones que no se pueden programar con una determinada regularidad. Cada necesidad de intervención generará su correspondiente Orden de Trabajo.

- Intervenciones en base a otras clasificaciones de las operaciones de mantenimiento:

En caso de emplear otras subdivisiones de las tareas, ya sea por causas técnicas o de contabilidad de costos, deberán definirse claramente, sin ambigüedad y de forma que se evite un doble cómputo, debiendo estar especialmente identificadas para todo el personal involucrado, de lo contrario generarán problemas de gestión y un base de datos corrompida. Cada intervención dará lugar a una Orden de Trabajo.

- Intervenciones de apoyo a otros departamentos:

Tareas que son de mantenimiento propiamente dicho, realizadas por el personal de mantenimiento a petición de otros departamentos, aun cuando los recursos materiales no pertenezcan totalmente al departamento de mantenimiento. Por ejemplo, montaje de una nueva instalación, modificaciones o construcción de útiles para equipos de producción, etc.

En definitiva, se trata de una carga de trabajo más para el departamento de mantenimiento y, como tal, deberá ser gestionada y tenida en cuenta a la hora de planificar y ordenar la ejecución. Estas tareas deben ser contabilizadas y cada una de ellas debe generar su orden de trabajo correspondiente.

- Planificación y programación. Necesidades de recursos:

El módulo de planificación determinará las necesidades de recursos (humanos, materiales, equipos, etc.), teniendo en cuenta la organización interna del mantenimiento.

- Planificación:

Establecida en función del conjunto de actividades pendientes. Estas actividades están reflejadas en las Órdenes de Trabajo pendientes de ejecución, que es la información que tomará el módulo de planificación. El horizonte de esta planificación es, por tanto, el corto plazo. Su objetivo final es el establecimiento coordinado de la carga mensual de trabajo, es decir, la programación.

- Programación:

La carga mensual de trabajo se computa teniendo en cuentas otras variables como la urgencia y ordena con arreglo a varios criterios, tales como tipo de mantenimiento, grupo, etc.

- Recursos deseados:

Inventario de repuestos, accesorios y abastecimientos; Recursos humanos, tipo de trabajadores y cantidad; y Previsión de gastos de subcontratación.

Horas de parada de máquina para la intervención (coordinación con producción, si es necesario para cada caso).

A partir de la programación se establece el inventario mínimo, identificado como stock de seguridad para labores de mantenimiento, requerido como fungibles y componentes de sustitución para los equipos. Esta información establece, y requiere para un correcto funcionamiento de los sistemas de información de la organización, conexión con el subsistema de gestión de aprovisionamiento, recursos humanos, producción, tesorería, etc.

Este módulo alimenta al de procedimientos de ejecución de Orden de Trabajo, junto con los datos de tendencias, tiempos medios entre fallos, valores estándar de ejecución de intervenciones, etc., y en general, información derivada de los archivos históricos de las operaciones de mantenimiento.

- Histórico:

Este módulo gestiona los archivos de intervenciones agrupadas por instalación, elemento, etc.

Se recogerán datos tales como síntoma, causa y solución, tomados de la Orden de Trabajo, una vez completada, al concluir la intervención sobre la maquinaria. Contendrá, además, datos económicos, de

materiales, etc.

Esto permite realimentar al sistema experto, proporcionándole nueva información para aumentar su base de conocimientos. Además, alimentará el módulo de datos para gestión. Es, por tanto, el punto de arranque para realimentar al sistema.

- Sistema experto de ayuda a la toma de decisiones:

Este módulo tiene por objetivo proporcionar una ayuda, fundamentalmente en el nivel operativo, apoyando a los operarios en los diagnósticos de las posibles causas de las averías. Establece árboles de decisión, en unos casos; y en otros, de características menos deterministas, proporciona un cuadro de porcentajes de probabilidad de causas y sus soluciones.

Dispone de una base de conocimientos que se alimenta, con la información de las Orden de Trabajo, una vez completadas al final de las intervenciones, estos datos son proporcionados por el módulo de gestión de históricos. Constituye, por tanto, la realimentación al nivel operativo.

- Datos de gestión:

En este módulo se obtiene información para ser utilizada en la gestión al nivel táctico y estratégico. A título de ejemplo podríamos citar variables de control, de tiempos medios entre fallos, de costos, etc. Proporciona el segundo y tercer bucle de realimentación del sistema (el primer bucle es, a nivel operativo, la ayuda a la intervención física, mediante el sistema experto).

En el nivel táctico, realimenta a los procedimientos y criterios para la adjudicación de Orden de Trabajo.

En el nivel estratégico, realimenta al módulo de evaluación del mantenimiento y a la planificación a largo plazo.

Estos bucles de realimentación permiten cerrar el ciclo de mejora continua en los tres niveles en que opera el sistema (operativo, táctico y estratégico).

- Conexión con el sistema de información de planta o corporativo:

Finalmente se debe tener en cuenta las salidas proporcionadas por el sistema de información del mantenimiento para alimentar otras partes del sistema de información de planta o de gestión empresarial.

Las órdenes de mantenimiento se pueden distinguir por su planificación:

- Órdenes planificables de mantenimiento. Mediante los planes de mantenimiento preventivo y sus funciones de programación se crean órdenes en fechas determinadas. Las medidas que se van a tomar para estas órdenes derivan de los planes de mantenimiento preventivo.
- Órdenes planeadas de mantenimiento. Aparte de los planes de mantenimiento preventivo también se pueden crear órdenes de mantenimiento a partir de avisos de mantenimiento, como resultado, por ejemplo, de inspecciones.
- Órdenes no planificadas de mantenimiento. Las órdenes no planificadas de mantenimiento resultan, por lo general, de averías imprevistas, accidentes, etc., cuya aparición requiere la ejecución inmediata de una medida de mantenimiento. Este tipo de órdenes puede crearse directamente en el sistema o bien puede provenir de un aviso de tipo correctivo. Asimismo, los avisos pueden crearse desde la orden de mantenimiento.

### 2.4.3 Sistemas de Business Intelligence

El mercado de inteligencia empresarial o inteligencia de negocios (Business Intelligence) ha experimentado recientemente un alto crecimiento a medida que los proveedores continúan reportando ganancias sustanciales. Las aplicaciones de BI se han convertido en la principal prioridad de gasto para muchos CEO y siguen siendo las tecnologías más importantes para comprar. Los CEO se dan cuenta de que los datos son uno de sus activos más valiosos porque los datos se utilizan para generar información. La creciente necesidad de una pronta toma de decisiones conduce a la generación de información a un ritmo cada vez mayor. (Chan et al., 2009) [17]

La inteligencia de negocios continúa siendo uno de los principales segmentos del mercado de software y aplicaciones empresariales en el que muchos autores ven continuamente niveles crecientes de interés y adopción. Los volúmenes de datos cada vez mayores, las operaciones empresariales complejas y los requisitos

de informes reglamentarios continúan impulsando la demanda de BI en las oficinas intermedias (gestión de riesgos) y posteriores (finanzas, recursos humanos, operaciones). (Evelson, 2010) [18]

Existen muchas definiciones de Business Intelligence, aunque en la misma línea que en el párrafo anterior, la más destacada es la introducida por Evelson:

“Business Intelligence es un conjunto de metodologías, procesos, arquitecturas y tecnologías que transforman datos sin procesar en información significativa y útil usada para proporcionar más estrategia efectiva, táctica, y percepción operacional y toma d decisiones”.

La emergencia de sistemas de Business Intelligence, que son el resultado de unir el procesamiento de datos y la gestión de sistemas de información, ha sido explorado en profundidad a través de estudios e investigaciones. La utilización de sistemas BI para ayudar a ganar ventaja competitiva para una empresa es también una discusión actual, desde una perspectiva de comercio electrónico. (Thierauf, 2001) [19]

Los sistemas BI requieren de visión, dinero y paciencia en su desarrollo e implementación. Esencialmente, estos sistemas se centran en un entendimiento pleno de información y conocimientos que es derivado de los datos. El actual incremento en la disponibilidad de los datos es de poco uso sin una forma efectiva que permita acceder y sintetizar la gran cantidad de datos.

Las plataformas de Business Intelligence se utilizan principalmente para el análisis de otras aplicaciones. Por norma general, las aplicaciones a las que nos referimos suelen funcionar a partir de cálculos muy complejos. Además, este tipo de plataformas también se usan para crear aplicaciones más sencillas a las que los usuarios pueden acceder rápidamente. Además, para trabajar con herramientas BI se han creado softwares específicos que nos ayudan a desarrollar nuestra tarea de una forma más eficaz. Así tenemos los siguientes softwares basados en plataformas BI: (Business School, 2019) [20]

- Cognos: es un software que se utiliza para que las empresas puedan evaluar de forma correcta toda la información que se ha ido recopilando a través de los datos aportados. El principal objetivo del uso de este software es tomar las decisiones adecuadas para mejorar los procesos que llevan a cabo los negocios.
- Oracle BI: es uno de los más conocidos y utilizados. Principalmente porque es una de las herramientas a través de la cual podemos llevar a cabo un mayor número de tareas a la vez. Solo con esta herramienta las empresas pueden acceder a la información rápidamente, así como utilizar los datos que necesiten para elaborar los posteriores análisis e informes. Por último, con este software también se puede llevar a cabo un proceso de toma de decisiones de una manera exhaustiva.
- Business Objects: es un software con el que tendremos acceso a los datos que necesitemos, pero la información que podemos obtener es solo la relevante, dejando a un lado otros datos más secundarios. Suele utilizarse para redactar análisis de una manera rápida y sencilla, así como también para, a través de la información obtenida, elaborar un gran número de informes.
- WorkMeter: tiene como función principal agrupar información importante sobre el uso que han hecho los otros usuarios de las diferentes aplicaciones informáticas que tienen disponibles las empresas. También recopila datos con respecto a otros dispositivos utilizados. Gracias a esta información los negocios pueden evaluar sus procesos y a partir de ahí incluir mejoras para optimizarlos.
- Microstrategy: El último software propuesto en este documento es Microstrategy. Se trata de una herramienta con la que obtendremos todo tipo de soluciones para que nuestra empresa encuentre el mejor camino para ofrecer sus servicios. Lo cierto es que este software está más bien enfocado al cliente, ya que se presenta como un portal de ayuda para que conozca en profundidad el tipo de negocio que tenemos.

Aunque existen muchas herramientas BI en la actualidad, las que hemos nombrado son las más utilizadas por las empresas y los usuarios puesto que son las que ofrecen mejores condiciones y con garantías de calidad para optimizar el plan que hemos elaborado de nuestro negocio. Todo ello gracias a los datos e información que se han recopilado, siendo importante que las utilicen profesionales expertos que dispongan de un máster en análisis de datos entre otros estudios relevantes.

En el caso de esta empresa, el sistema BI que se ha llevado a cabo para implementar los indicadores es el de Business Intelligence de SAP muy adaptado al sistema ERP de SAP, ya que procede de la misma compañía de



negocios.

A nivel ejecutivo, la empresa necesita tomar decisiones eficaces, que estarán fundamentadas en análisis de datos sólidos. Ello ha desarrollado una metodología denominada Inteligencia de Negocio. SAP R/3 utiliza para la Inteligencia de Negocio la tecnología BI, basada en Business Objects. BI permite sondear numerosas fuentes de información disponibles en la Nueva Economía y convertirlas en conocimiento real para tomar decisiones y emprender las acciones necesarias. (Díaz Domínguez, 2011) [15]

Todos los usuarios, desde el analista experto hasta el usuario empresarial ocasional, tienen acceso a la información que necesitan y en cualquier momento, con una dependencia mínima de otros recursos y de los desarrolladores de tecnologías de la información.

La tecnología BI de SAP R/3 (SAP Business Objects) se aprovecha de las siguientes funcionalidades:

- Análisis avanzados de datos
- Cuadros de mando
- Infraestructura de información
- Consultas, informes y análisis
- Generación de informes
- Búsquedas y navegación

El sistema Business Intelligence o BI que se implementa en COMPAÑÍA es el conjunto de herramientas y estrategias enfocadas a la obtención de datos para la toma de decisiones y su posterior evaluación del desempeño de una organización. Este Sistema de Inteligencia de Negocio lo componen un conjunto de herramientas software y desarrollos informáticos que facilitan la toma de decisiones y el análisis de la información disponible en los sistemas informáticos de la empresa.

Además, emplea un conjunto de herramientas a través del cual obtiene, extrae, transforma y carga información de los distintos sistemas en producción, así como la información en soporte ofimático y documental, y almacena en una Base de Datos centralizada, bajo una misma estructura y organización, que permita generar distintos módulos de explotación dirigidos al usuario final (Módulos de Análisis Libre, Cuadros de Mando, Informes predefinidos, etc.).

## 2.5 Indicadores de Gestión

En las últimas décadas, diversas compañías provenientes del mundo entero empezaron a hacer uso de medidas del desempeño referidas al mantenimiento para conocer de primera mano cómo se gestiona e intentar sacarle el máximo provecho posible. En consecuencia de estos avances realizados a través de mediciones surge el nombre de Indicadores en la gestión del mantenimiento que, según la Norma europea 15341 (AENOR, 2008) [21], son características o conjunto de características de un fenómeno medido de acuerdo con una fórmula dada que evalúa la evolución. Los indicadores van asociados con objetivos. Esta misma norma da nombre también al conjunto de indicadores, llamado Cuadro de Mando, que esta misma norma define como el conjunto de indicadores asociados, consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global. Esta herramienta se utiliza para desarrollar e implantar una estrategia, y para controlar el progreso hacia los objetivos definidos en la estrategia.

Los indicadores de gestión se han desarrollado mucho últimamente en el área de mantenimiento con motivo de las normas desarrolladas y, por consiguiente, hay trabajo en el campo normativo, pero también hay trabajo de diferentes investigadores. A continuación, se hará un breve resumen sobre las contribuciones más importantes en los campos de indicadores de mantenimiento.

### 2.5.1 Introducción a los Indicadores de Gestión

La existencia de normas relacionadas con el mantenimiento ha provocado la aparición de una serie de pautas basadas en indicadores de mantenimiento, que son el resultado de la experiencia y la práctica en la industria. Para ello se describen las siguientes normas más específicas basadas en indicadores de mantenimiento:

La Norma europea 15341 (AENOR, 2008) [21], que proporciona Indicadores Clave de Rendimiento para apoyar a la gestión del mantenimiento, tiene como fin lograr una mayor eficiencia en las empresas que implanten el uso de indicadores. Estos indicadores son muy comunes a la hora de aplicarse a edificios, espacios y servicios industriales y de apoyo, como la construcción o el transporte. Es dicho por la vigente norma que estos indicadores se deberían de usar para: medir el estado de los activos de aplicación; realizar comparaciones dónde se tengan referencias internas o externas; realizar diagnósticos; identificar los objetivos y definir metas a alcanzar; planificar y programar acciones de mejora; y medir los cambios de manera continua en el tiempo. Esta Norma da las directrices para crear indicadores de mantenimiento basándose en un sistema de indicadores clave de rendimiento estructurado en tres grupos: económicos, técnicos y organizacionales.

Además, personas con alta responsabilidad y dirección en la gestión del mantenimiento, a través del uso de indicadores en la Unión Europea, normalizaron y certificaron una serie de procesos en el ámbito del mantenimiento. Establecieron unas guías para el cálculo de indicadores sobre la eficiencia de procesos en las empresas. Estos indicadores basados en los procesos de mantenimiento vienen recogidos en la Norma europea 17007 (AENOR, 2018) [22], la cual propone que resulta útil formalizar el proceso de mantenimiento mediante una división de procesos que proporciona ventajas; tales como: permitir indicar las actividades que se llevarán a cabo con un nivel de detalle relevante; indicar las entradas o salidas de cada subproceso y define todos los enlaces que los unen y permiten la realización del proceso global; y dar la posibilidad de definir indicadores para medir la realización de cada proceso y hacer seguimiento de su eficacia. Es importante mencionar como esta norma sugiere que cada empresa debe adaptar los diversos procesos según su área de actividad y los contextos económico, geográfico, político, cultura, etc.

Son muchos los autores que coinciden en que los indicadores tienen como finalidad alertar al responsable de mantenimiento en una empresa si existe algún problema en la gestión. La organización que se tenga influirá decisivamente en la intervención del mantenimiento rápida y eficiente. Para que todo esto se pueda dar, los valores de los KPIs, deben ajustarse a la realidad de cada operación y empresa. (Zegarra, 2016) [23] Cómo se indica en diversos estudios, adaptar KPIs en las compañías ayudan a monitorizar el rendimiento en la industria. Éstos pueden ser usados para identificar el bajo rendimiento y el potencial de mejora. Además, los indicadores pueden ser definidos para equipos individuales, procesos o subprocesos, y plantas enteras. Uno de los métodos más comunes y eficaces para implementar indicadores en una empresa es haciendo comparativas de mercado de indicadores de equipos o plantas completas que sean similares. (Lindberg, Tan, Yan, & Starfelt, 2015) [24]

Actualmente hay una creciente preocupación por gestionar el mantenimiento de las empresas de la manera más eficaz posible, pudiendo ahorrar en tiempo y coste. Todo esto ha llevado a publicar a diferentes autores investigaciones sobre ello, con el objetivo de concluir diferentes indicadores que ayuden a gestionar el mantenimiento. Entre las publicaciones encontradas en revistas y artículos científicos, destaco las que han sido convenientes para complementar las normas basadas en indicadores de mantenimiento, con el fin de diferenciar los indicadores de gestión por objetivos.

- En primer lugar, el autor González (2010) [9], en el libro de Auditoría del Mantenimiento e indicadores de gestión, propone una serie de indicadores basados en dos tipos: básicos, dónde se encuentran los indicadores del tipo fiabilidad, disponibilidad y coste; y elaborados, en los que se cuentan con una base de conocimiento suficiente para abordar otros indicadores más específicos, como la eficacia global de mantenimiento o la gestión económica. El objetivo es aportar tantos indicadores de mantenimiento como sean posibles teniendo en cuenta que cada empresa o departamento tiene un nivel de desarrollo y nivel de competencia diferente. Concluye que será misión de cada empresa ajustar los indicadores más concretos a sus objetivos definidos, sin olvidar que estos indicadores nunca deben ser inamovibles y definitivos.
- Sin embargo, Zambrano, Prieto y Castillo (2015) [25] realizaron un análisis a través de cuestionarios en instituciones públicas de educación superior con el objetivo de determinar los indicadores claves de mantenimiento en este tipo de empresas. Los indicadores basados en la disponibilidad resultaron ser los más utilizados. A diferencia de los indicadores basados en la calidad de servicio, confiabilidad y costos, que tienen una incidencia más moderada. Hay que tener en cuenta que este estudio se realizó en instituciones de educación superior, lo que se desvía del objetivo de instituciones o empresas que gestionen el ciclo integral del agua, aunque el hecho de ser de índole público se asemeja.
- Pedroche y Moreu (2012) [26] analizaron indicadores claves de rendimiento para implementarlos en un Cuadro de Mando Integral de mantenimiento. Para ello, sugirieron que cada KPI estuviera presente en sus cuatro pilares fundamentales para enriquecer la visión de la organización: el aprendizaje, los procesos

internos, la relación con los clientes y los financieros. Los resultados muestran que una correcta gestión cuenta con una dedicación y seguimiento constante de los KPI, por si fuera necesario ejecutar acciones correctoras de inmediato. Además, indica que cada indicador clave de rendimiento debe estar caracterizado por: una definición o especificación de la característica del indicador, un objetivo que indique el grado de mejora que se busca o el motivo, un valor de referencia para comparar el valor del indicador, una responsabilidad por parte de agentes implicados en el desarrollo de la actividad a medir, una medición de qué y cómo se obtienen y conforman los datos, una periodicidad para calcular esos indicadores y, por último, un análisis de los datos obtenidos para su posterior toma de decisiones y actividades de desarrollo.

- Wireman (2005) [14], a través de su famoso libro llamado “Developing Performance Indicators for Managing Maintenance”, fija unos objetivos para la creación de indicadores de rendimiento en los que afirma que estos indicadores deberían ser interdependientes entre ellos para aportar una perspectiva global de los objetivos de las empresas, de las estrategias de negocios y de los objetivos específicos. Así, dependiendo del tipo de empresa en la que se lleve a cabo la implementación de los indicadores habrá unas necesidades u otras, incluyendo como más importantes los de tipo empresarial, financiero, eficiencia y efectividad, táctico y funcional. Este autor defiende la importancia de la claridad de los indicadores, de forma que los empleados de dicha empresa puedan utilizarlos de la manera más eficaz.
- Salonen y Bengtsson (2006) [27] ejemplificaron y discutieron el potencial que hay en el desarrollo de la estrategia de mantenimiento a través de un estudio durante tres años en tres compañías manufactureras diferentes. Las tres empresas hicieron notables cambios de mejoras respecto a la aparición en su organización de los indicadores de mantenimiento. Sin embargo, ninguna de ellas usó indicadores financieros para su estrategia de mantenimiento, usando KPIS de tiempo de paradas sin planear debido al mantenimiento correctivo o la disponibilidad del equipamiento de mantenimiento, que las compañías creyeron más oportunos y con las que consiguieron una reducción en tiempo y coste. Además, para investigaciones futuras sería conveniente profundizar el concepto de Coste del Mantenimiento pobre como una herramienta de evaluación para apoyar la viabilidad de los indicadores financieros.
- También, muchos autores coinciden en clasificar los indicadores claves de rendimiento por categorías bien diferenciadas. Es así como Lavy, García y Dixit (2014) [28], a través de diferentes estudios realizados para la evaluación del rendimiento de instalaciones, identifican los indicadores básicos como la eficiencia del mantenimiento, eficiencia de sustitución, índice de condición física de un elemento, índice funcional de un elemento, calidad medioambiental, absentismo o la percepción del usuario, atreviéndose a categorizarlos en indicadores de tipo financieros, funcionales, físicos y satisfacción al cliente. Estos autores validan el estudio Lavy et al.’s (2010) [29], minimizando y concretando la extensiva lista de indicadores en aquellos más relevantes.
- Crespo, Moreu, Sánchez y AENOR (2004) [12] argumentaron en su Libro de Ingeniería de Mantenimiento la importancia de prestar más atención a los indicadores relacionados con la ingeniería del mantenimiento, y no a los más comunes, como son los de tipos financieros o corporativos, entre otros. El objetivo de estos autores fue elaborar unas medidas que brindaran a las empresas oportunidades de mejora continua en todos los campos de mantenimiento. Entre los KPIs más destacables se encuentran los indicadores de rendimiento de sistemas de GMAO. Este resultado se obtuvo debido a la gran cantidad de información registrada diariamente en las bases de datos de las empresas y con las Órdenes de Trabajo como corazón del sistema GMAO, proporcionando así un uso más eficiente del sistema de información.
- Parida (2007) [30] quiso desarrollar medidas del rendimiento en mantenimiento para una planta de producción de minerales; además, estudió y analizó las paradas cortas de la planta y las paradas por mantenimiento planificado con el fin de conocer el sistema existente en la planta e identificar los indicadores más relevantes para alinear el rendimiento de la planta con la estrategia corporativa. Encontró hasta nueve KPIs efectivos para dirigir y controlar el mantenimiento en el nivel operacional y nivel de producción, a través de un marco jerárquico multicriterio. En la misma línea, Parida y Chattopadhyay (2007) [31] desarrollaron un marco de medida del rendimiento en mantenimiento basado en una estructura jerárquica multicriterio, que es equilibrado, holístico e integrado en varios niveles de una organización. Los indicadores en el nivel de subsistema, nivel de planta y nivel corporativo son conectados con las medidas de indicadores de mantenimiento para los objetivos organizacionales y estratégicos.
- Leal y Zambrano (2007) [32] realizaron un estudio para conocer los planes de mantenimiento,

capacitación y habilidades del personal de mantenimiento en 20 PYMES del Estado de Táchira (Uruguay). Los resultados mostraron que las empresas no realizaban los estudios necesarios para conocer los parámetros de mantenimiento como es, por ejemplo, la confiabilidad o la disponibilidad, a pesar de tener registrados la información necesaria para el cálculo de éstos. Son muchas las empresas que comienzan a preocuparse por la no realización de estos estudios dentro de sus propias empresas y están tomando medidas y concienciándose para llevar el control de la función mantenimiento. Por otro lado, la efectividad global del mantenimiento permitió destacar las necesidades en los sistemas y la unificación de trabajos de equipo para aumentar este indicador ya que no solo es razón de mantenimiento sino de producción y calidad directamente.

Por otro lado, hay diferentes estudios que validan el uso de métodos, técnicas, análisis empíricos o formas de uso de los indicadores en situaciones reales de empresas que ayudan a la posterior selección de los KPIs más interesantes. Se ha realizado una serie de investigaciones.

- Parida y Kumar (2006) [33] estudiaron e identificaron los problemas y retos asociados con el desarrollo e implementación de un sistema de medida del rendimiento para el mantenimiento. Lo hicieron adoptando una aproximación analítica donde vieron que la efectividad del equipamiento total usado en las empresas era inadecuada pues sólo mide la efectividad interna. Propusieron que para sacarle el máximo provecho al mantenimiento éste debe ser medido de forma interna (productividad, costes, competencias de los trabajadores, etc.) y externa (satisfacción del cliente, calidad del servicio, cumplimiento de los tiempos de entrega, etc.). Sin embargo, como indican los mismos autores, la medición del mantenimiento es un tema complejo y cuando se trata de medir la efectividad externa se hace más difícil vincular el resultado objetivo a nivel operativo con el de nivel estratégico corporativo.
- Por otro lado, Muchiri, Pintelon, Gelders y Martin (2011) [34] estudiaron el desarrollo e implementación de un riguroso sistema de medida del rendimiento e indicadores capaz de medir los elementos importantes de la función del mantenimiento. Para llevarlo a cabo, crearon un marco conceptual que alinea los objetivos del mantenimiento con las estrategias de producción, y así aportar una conexión entre estos objetivos, los procesos de mantenimiento y los resultados obtenidos. Encontraron que los indicadores de la función de mantenimiento tienen que ir siempre de la mano de otras funciones organizacionales y que el criterio de rendimiento en el mantenimiento debería ser equilibrado con los requisitos exigidos en los objetivos productivos. Sin embargo, como los mismos autores manifestaron, hubo una falta de metodología para la selección de indicadores en su estudio. Además, proponen investigar acerca de cómo las medidas de rendimiento son usadas efectivamente para conseguir una mejora del rendimiento en la práctica.
- Wiczorek (2012) [35] realizó un estudio sobre los métodos y técnicas de predicción de indicadores para implementar cambios en la organización del mantenimiento, basándose en la combinación de modelos de pronósticos clásicos con herramientas informáticas. Interpretar los valores obtenidos en la simulación de los pronósticos de estos indicadores supuso un reto, debido a la multiplicidad y estado cambiante de los valores. Este autor argumenta que es necesario tener técnicas que permitan el cálculo de estos indicadores, pero también que interpreten hábilmente los datos recibidos.
- Según Omar, Ibrahim y Wan Omar (2017) [36], el elemento clave que influye en la gestión general del mantenimiento es la efectividad de gestión de los usuarios de éste. Este estudio se realizó tomando edificios de hospitales públicos de la región norte de Malasya como muestras - ya que este tipo de edificios contiene uno de los problemas más complejos en el campo del mantenimiento, sostienen los autores - con el objetivo de identificar los KPIs que afectaran más en la efectividad de la gestión. Estos resultados se lograron gracias a encuestas tomadas en cada uno de los hospitales, a través de los cuales se obtuvo de resultado que el factor más significativo en la efectividad de gestión del mantenimiento es la planificación y programación de las tareas. Esta investigación se ve reflejada en la actualidad de las empresas que deciden crear planes de mantenimiento para ahorrar en las futuras averías no deseadas, llamados gastos en mantenimiento correctivo.
- Rodríguez-Padial, Marín y Domingo, (2015) [37] se centraron en agrupar las funciones estratégicas con el Cuadro de Mando Integral, utilizando para ello un proceso de jerarquía analítica y donde los indicadores claves de rendimiento están relacionados con los objetivos de la empresa, que en este caso fue una planta industrial. El objetivo principal de este estudio fue maximizar la eficiencia de la empresa a través del mantenimiento. Destacar, como el hecho de asistir a la primera decisión de nivel estratégico permitió

evaluar la consistencia individual y reconsiderar los pesos hasta conseguir nivelar los indicadores jerárquicamente.

- Muchiri, Pintelon, Martin y De Meyer (2010) [38] propusieron un análisis empírico de las medidas de rendimiento del mantenimiento a través de una encuesta industrial, recalando los tipos de KPIs usados y por qué, la influencia y los objetivos de la elección de los KPIs junto a su efectividad. El resultado más significativo que obtuvieron estos autores se obtuvo con el análisis del uso de los indicadores en la gestión del mantenimiento, encontrando que el mayor porcentaje de encuestados toman las mínimas decisiones y cambios en los procesos provocados por la medición del rendimiento. Estos resultados testifican que muchas medidas de rendimiento de recolección de datos no son usadas adecuadamente en el soporte de decisiones y gestión del rendimiento.
- Salin y Marçal (2011) [39] buscaron alcanzar un alto nivel de madurez en mejoras de procesos de software, siendo trascendental que las organizaciones cambien el foco de gestión de proyectos de la evaluación empírica de rendimiento de procesos hacia la gestión cuantitativa de los procesos de software basados en medidas del desempeño y técnicas estadísticas. Para ello, los directivos deben trabajar con años de datos de medidas para establecer los límites de control. Entre las dificultades encontradas en esta investigación (qué medidas usar, qué técnica estadística utilizar, cómo trabajar con los datos) estos autores definen un catálogo con sus correspondientes medidas en respuesta a las dificultades mencionadas.
- Kumar, Galar, Parida y Stenström (2013) [40] efectuaron un artículo en modo resumen de una investigación y desarrollo en la medida del desempeño del mantenimiento. El principal objetivo fue determinar cómo pueden ser creados las medidas del desempeño examinando estrategias en mantenimiento basado en la condición, mantenimiento centrado en la fiabilidad, etc. Esto supuso encontrar un marco o modelo que pudiera ser usado para evaluar diferentes estrategias de mantenimiento y determinar el valor de éstas para una organización. El conocimiento en la materia de rendimiento en el mantenimiento fue cuantitativamente basado, cómo los índices económicos y técnicos, cuadro de mandos e índices productivos de mantenimiento, y también cualitativamente basado, como los factores humanos. Uno de los resultados más reseñables fue el desarrollo de un Cuadro de Mando Integral y los marcos jerárquicos multicriterios, ya que son herramientas efectivas para evaluar y medir el rendimiento de los tipos de mantenimiento basado en la condición y predictivo.
- Sánchez-Márquez, Albarracín, Vicens-Salort y Jabaloyes (2015) [41] hicieron un estudio sobre las claves que conducían a las compañías a la sostenibilidad y rentabilidad a largo tiempo a través del capital intelectual. Este artículo propone una nueva metodología usando KPIs en un Cuadro de Mando Integral de una compañía manufacturera para confirmar el impacto de los programas de aprendizaje y desarrollo en el rendimiento actual de la organización. Se aplican técnicas como la multivariación estadística y la regresión múltiple como un sistema de aproximación a los KPIs.
- Los autores Parida, Kumar, Galar y Stenström (2013) [42] discuten la experiencia y desarrollo de los indicadores de rendimiento en mantenimiento, además de definir el concepto de medidas de desempeño para mantenimiento y los marcos desarrollados. Entre los diferentes indicadores y marcos se presentan los Cuadro de Mando Integral, matrices de rendimiento, prisma de desempeño o pirámide de desempeño, y son identificadas sus características y defectos. Las consideraciones de las ventajas y limitaciones de los diferentes marcos pueden aportar perspectivas a los directores para su implementación. La principal desventaja que se encuentra en este estudio es la ineficiencia y pobre efectividad, debido a que los nuevos KPIs son continuamente desarrollados a la misma vez que los viejos KPIs son olvidados, por lo que se da también que el seguimiento de las tendencias se está perdiendo, hay largos tiempos de ejecución y apoyos de decisiones cuantitativas pobres.
- Brueck (2014) [43] realizó una investigación en Estados Unidos basada en la realización de encuestas a empresas de servicio público. Todas ellas, en su mayoría, encargadas del saneamiento y abastecimiento del agua. El objetivo fue identificar qué áreas de competencias eran las más destacadas para las mejores prácticas en la gestión del mantenimiento. Para conocer los indicadores más reseñables en tres áreas de competencias, el equipo de investigación se centró en cinco casos de estudios. En el área de Estrategias y Tácticas el cumplimiento del Mantenimiento Preventivo es el más notable; en el área de Gestión del Flujo de Trabajo, destaca el indicador que mide el porcentaje de mantenimiento total que es reportado a Órdenes de Trabajo; y con respecto al área de Dirección y Control, resaltar el seguimiento de presupuesto de mantenimiento.

El presente trabajo trata de validar los estudios anteriores en una empresa de gestión del ciclo integral del agua. Se concluye que la gran mayoría de los KPIs que se presentan en dicho documento son también basados y asemejados en las normas de mantenimiento, por lo que nos da una premisa de cómo enfocar la propuesta de indicadores de gestión que se realizará a la compañía. Además, hace referencia a la importancia de la gestión óptima del flujo de trabajo en la empresa, creándose muchos indicadores basados en Órdenes de Trabajo.

## 2.5.2 Indicadores de gestión antiguos en el Departamento de mantenimiento

La empresa en la que se llevará a cabo la implementación de la herramienta BI disponía de unos indicadores que fueron implantados hace casi cuatro años. Estos indicadores estaban adjuntos en un Excel, de manera que se tenía que rellenar de uno en uno. Cada uno de los jefes de los departamentos existentes en ese momento debía rellenar su parte correspondiente con los datos obtenidos del día a día y tomar las decisiones por secciones.

En ese momento se tenía como base un documento Excel basado en la descripción de la interacción entre los procesos del sistema de calidad. Este documento servía de ayuda para el seguimiento de los indicadores de procesos acordados por el departamento, entre ellos, el mantenimiento de las instalaciones y equipos.

Los objetivos generales del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones teniendo en cuenta la política de calidad eran:

1. Promover la mejora continua.
2. Proporcionar servicios de calidad.
3. Cumplimiento de plazos.
4. Cumplimiento de la legislación.
5. Asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones para el correcto desarrollo de los procesos.

Se obtienen los criterios y seguimiento de los objetivos. Un ejemplo de cómo estaba dividido una clase de indicadores en el documento es el siguiente:

Proceso	Indicador nº	Definición Indicador	Valor ó rango admisible	Forma de cálculo	Responsable de seguimiento
Mantenimiento de Instalaciones. Subdirección	1	Frecuencia de fallos funcionales por averías en bombeos directos a red	≤5 en el año	Nº medio de fallos/instalación/año	Subdirector de Ingeniería y Sistemas de Control
	2	TPFS por averías en bombeos directos a red a un máximo de 60 minutos	≤ 60 minutos	Tiempo promedio FS por fallo (min)	Subdirector de Ingeniería y Sistemas de Control

Figura 2-8. Ejemplo de cálculo en Excel de los antiguos indicadores (1)

Periodicidad de seguimiento por el R.P.	Análisis Indicador				Observaciones
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>		
	cuatrimestre	cuatrimestre	cuatrimestre	acumulado	
Cuatrimestral	0	0		0,00	<b>2º cuatrimestre:</b> Se ha incluido en el seguimiento* (semana del 22/08) las instalaciones EB Red Perimetral y EB Canteras, conforme a lo acordado en reunión del 1er C.
Cuatrimestral	0	0		0,00	

Figura 2-9. Ejemplo de cálculo en Excel de los antiguos indicadores (2)

Se trataba de una serie de divisiones con unas restricciones. Para conocer el resultado de los indicadores hacía falta rellenar todas las celdas correspondientes:

- Tipo de proceso en el que estaba ubicado el indicador.
- El número del indicador para tenerlo controlado.
- La definición del indicador.
- El valor o rango admisible del indicador.
- La forma de cálculo del indicador.
- El responsable de seguimiento del indicador específico.
- La periodicidad de seguimiento por el responsable.
- El análisis del indicador cuatrimestralmente y el acumulado.
- Las observaciones que se encontraban los responsables del seguimiento de los indicadores a la hora de realizar los cálculos o analizarlos.

Había alrededor de unos 47 indicadores divididos en 6 procesos de mantenimiento y el departamento responsable de cada proceso.

Al cabo de unos años, el departamento de mantenimiento de la organización tomó la decisión de cambiar el método de cálculo y programación de los indicadores y decidieron darle otra perspectiva. Los estudios sobre plataformas y herramientas basadas en Business Intelligence promueven una mejora para el futuro de la compañía.

# 3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA BI DE SAP EN LA EMPRESA

---

*“It is not possible to manage what you cannot control  
and you cannot control what you cannot measure”*

*- Peter Drucker -*

Este es el primer capítulo de desarrollo del presente proyecto. En este punto se llevará a cabo la obtención e implementación de una serie de indicadores complementarios a los ya existentes en un sistema Business Intelligence en la empresa a partir de la información que se encuentra en la base de datos GMAO, anteriormente caracterizado y definido en la empresa. Para ello, se ha dividido el capítulo en los siguientes apartados: descripción general del módulo PM de SAP adaptado a la empresa (Gestión de Órdenes de Trabajo y Avisos, Gestión de Objetos Técnicos, Planes de Mantenimiento y las transacciones más interesantes), el proceso de carga y depuración de los datos en BI, unas propuestas de indicadores de mantenimiento siguiendo las normas europeas y la implantación del sistema BI en la empresa.

## 3.1 Descripción general del módulo PM de SAP adaptado a la empresa

Con el objetivo de conocer la herramienta propuesta de Business Intelligence más a fondo y comprender todas sus funciones, primero se ha de describir el sistema GMAO elegido por COMPAÑÍA y cómo está implementado.

La búsqueda de un sistema GMAO que se adapte a una empresa de estas dimensiones debe ser óptimo y fácil de usar por todos los usuarios, por ello se ha elegido SAP en su módulo de mantenimiento PM.

Algunas de las particularidades más destacadas de SAP PM en la empresa son la gestión de Órdenes de Trabajo y Avisos, gestión de Objetos técnicos (Ubicaciones técnicas y Equipos), Planes de mantenimiento y las transacciones más comunes a utilizar por el personal de mantenimiento.

Realmente, Business Intelligence se alimenta de la base de datos de SAP PM dónde adquiere todas sus funciones, destacando entre ellas los filtros y transacciones.

### 3.1.1 Gestión de Órdenes de Trabajo y Avisos

A veces, para llegar a crear una Orden de Trabajo es necesario crear un aviso, con el que comienza un flujo de datos en el que es revisado y se confirma si es necesario esa Orden de Trabajo. Aunque, se puede dar que no haga falta crear previamente un aviso.



Los avisos se emplean generalmente en la gestión de mantenimiento para:

- Describir la condición técnica de un equipo o ubicación técnica.
- Realizar una solicitud de mantenimiento sobre un objeto técnico.
- Documentar el trabajo realizado.

Existen cuatro clases de aviso de mantenimiento:

- ZA: Solicitud de mantenimiento. Se trata de un aviso que informa de la necesidad de ejecutar acciones de mantenimiento sobre un objeto que no necesariamente ha sufrido una avería. Este tipo de aviso se relaciona con la necesidad de realizar inversiones, sustituciones y desmontajes, modificaciones, etc., permitiendo planificar las actuaciones de mantenimiento a llevar a cabo. No es necesaria una acción inmediata.
- ZB: Solicitud de inspección. Se trata de un aviso de concepto muy similar a la clase ZA, en la que se informa la necesidad de ejecutar acciones de inspección y seguridad sobre un objeto que no necesariamente ha sufrido una avería, pero atendiendo siempre a razones legales.
- ZC: Aviso de avería. Mediante esta clase de aviso se describen averías en un objeto de forma que se ve afectado su rendimiento. Al crear un aviso de avería se introduce información relativa a la avería que se ha producido, objeto en el que se ha producido el problema, efecto que tiene sobre la instalación, nombre de la persona que notifica la avería, así como síntomas de la avería.
- ZD: Aviso de actividad. Se trata de una clase de aviso de mantenimiento que recoge la información de una serie de actividades de mantenimiento ya realizadas, permitiendo por tanto documentar técnicamente las acciones ejecutadas, es decir, se emplean para disponer de la notificación técnica del mantenimiento, y por tanto se generan a partir de una orden de mantenimiento que se creó desde cero, sin aviso previo.

En el caso de que se cree un aviso, éste debe ser revisado por

Las Órdenes de Trabajo se van a crear bajo siete tipos diferentes de mantenimiento, que son las llamadas Clase de Orden:

- ZE01: Orden de mantenimiento preventivo. Enlaza con la clase de avisos ZA.
- ZE02: Orden de mantenimiento correctivo. Este tipo de orden creará un aviso de clase ZC automáticamente.
- ZE03: Orden de mantenimiento de seguridad industrial y legal. Enlaza con la clase de aviso ZB.
- ZE04: Orden de mantenimiento para otras actividades ejecutadas por mantenimiento.
- ZE05: Orden de proyectos y obras.
- ZE06: Orden de explotación
- ZE07: Orden de conservación

Además, como criterio adicional de cada clase de orden de mantenimiento, puede hacerse uso de las clases de actividad. Se trata de un elemento diferenciador y que interviene en la evaluación de informes. Las clases de actividad es un campo importante a la hora de rellenar una Orden de Trabajo:

Tabla 3-1. Clases de actividades PM

Clase de Orden	Descripción de la Clase de Orden de mantenimiento	Clases de Actividades PM	Descripción de la Clase de Actividad PM
ZE01	Orden de Mantenimiento Planificado/Preventivo	E01	Ruta de trabajo / Inspección
		E02	Mantenimiento preventivo
		E03	Mantenimiento predictivo
		E04	Sustitución de elementos

ZE02	Orden de Mantenimiento Correctivo	E05	Averías de equipos electromecánicos
		E06	Correctivo generado
		E07	Reparación de equipos para repuesto
		E21	Fallos de tensión y rearmes eléctricos
		E22	Incidencia de otras áreas de la empresa
ZE03	Orden de Seguridad Industrial y Legal	E08	Inspección reglamentaria
		E09	Adecuación y subsanación de defectos
		E10	Legalización
ZE04	Orden de otras actividades ejecutadas por mantenimiento	E11	Nuevos montajes y mejoras
		E12	Supervisión y atención de trabajos contratados
		E13	Almacén y compras
		E14	Limpieza de taller, estaciones y vehículos
		E15	Control de calidad y calibración de equipos
		E16	Administración
		E17	Varios (resto de actuaciones)
		E23	Recepción de instalaciones y su puesta a punto
		E24	Atención a Servicios Generales
ZE05	Proyectos y obras	E18	Asistencia técnica a otros Departamentos
		E19	Proyectos
		E20	Dirección de obras
ZE06	Explotación	E25	Arranque y parada de estaciones
		E26	Bombeo manual
		E27	Comprobación de funcionamiento de instalaciones
ZE07	Conservación	E45	Obra civil e instalaciones auxiliares

A la hora de rellenar una Orden de Trabajo o un Aviso es imprescindible los filtros básicos para poderlas organizar, almacenar en la base de datos y que se puedan tomar como datos en el cálculo de los indicadores de gestión de mantenimiento.

Uno de los campos más destacados a completar en una orden de Trabajo o un Aviso es el de Puesto de Trabajo Responsable. En las empresas se deben especificar qué tipo de personal va a realizar el mantenimiento. Para ello, esta organización ha tomado los siguientes Puestos de Trabajo Responsable: P (Preventivo), C

(Correctivo), I (Intervención), III (Instrumentación), CME (Contrata de Mantenimiento Eléctrico), CMM (Contrata de Mantenimiento Mecánico), ICM (Contrata de Mantenimiento de Instrumentación) y CSI (Contrata de Seguridad Industrial).

Otro filtro muy importante para diferenciar las Órdenes de Trabajo y Avisos que son válidas, o se han completado, de los que no han llegado a validarse por cualquier causa es los Status.

Por un lado, nos podemos encontrar con los Status de Avisos, que los más relevantes son: MEAB (Mensaje Abierto), MECE (Mensaje Cerrado), METR (Mensaje en Tratamiento), ORAS (Orden Asignada) y PTBO (Petición de Borrado).

Por otro lado, los Status de Órdenes de Trabajo, que se dividen en dos:

- Status del Sistema: ABIE (Abiertos), CTEC (Cerrado Técnicamente), LIB. (Liberados), NEJE (No Ejecutado), NOTI (Notificado) y PTBO (Petición de Borrado) entre otros.
- Status del Usuario: GACO (Gama Comprendida), LIBP (Liberación Posible) y RECH (Orden No Realizada) entre otros.

Por último, un filtro importante a tener en cuenta a la hora de planificar, programar y cerrar tareas son las fechas, para ello se debe diferenciar:

- En los Avisos: “Creado el” (creación del Aviso, “Inicio de Avería” y “Fin de Avería”.
- En las Órdenes de Trabajo: “Fecha de entrada” (creación de la Orden de Trabajo), “Fecha Inicio Extrema”, “Fecha Fin Extrema”, “Fecha Inicio Real”, “Fecha Fin Real” y “Fecha Planificada”.

Todos estos filtros de gran interés por los usuarios se verán reflejados en las siguientes figuras, que hace referencia al proceso de rellenar la creación o búsqueda de un Aviso y una Orden de Trabajo:

Figura 3-1. Búsqueda de la visualización de un Aviso

Figura 3-2. Búsqueda de la visualización de una Orden de Trabajo

### 3.1.2 Gestión de Objetos Técnicos

En la Gestión de Objetos Técnicos se definen los elementos básicos con los que se va a trabajar en mantenimiento de todo el módulo: Los equipos o las ubicaciones técnicas, los puestos de trabajo, las hojas de ruta y listas de materiales. También se definen las estructuras básicas de la organización, plantas, ubicaciones, emplazamientos, grupos de planificación, etc. (Montero Padilla & Crespo Márquez, 2009) [3]

Para una adecuada gestión del mantenimiento con soporte informático es imprescindible estructurar las instalaciones existentes sobre la base de objetos técnicos. Principalmente, los dos tipos básicos de objetos técnicos que se van a tocar en este proyecto son: Ubicaciones técnicas y Equipos.

#### 3.1.2.1 Ubicaciones Técnicas

Mediante el uso de Ubicaciones Técnicas se obtiene una estructuración de los elementos de mantenimiento de acuerdo con criterios funcionales, relativos al proceso o espaciales. Las ubicaciones técnicas permiten una estructura jerárquica de las instalaciones, donde a cada nodo de la estructura pueden asignarse equipos.

Las Ubicaciones Técnicas se pueden definir como las diferentes zonas en las que se puede dividir una planta, en las cuales se pueden realizar servicios de mantenimiento, o disponer de equipos que necesiten dichos servicios. Éstas se crean de forma jerárquica en las instalaciones, en la que a cada nodo de la estructura se puede asignar equipos.

Las ubicaciones técnicas también permiten visualizar todos los equipos montados, en forma de lista desde el nivel superior al nivel inferior. (Matas Aguilar & Moreu de León, 2018) [44]

Para la definición de las ubicaciones técnicas son necesarios completar los siguientes datos:

- Ubicación
- Mantenimiento
- Interlocutor

Además, también es necesario completar otros campos dentro de la Ubicación Técnicas: el centro de coste, el emplazamiento, el responsable del mantenimiento y la ubicación técnica superior.

Características: (Montero Padilla & Crespo Márquez, 2009) [3]

- La estructura jerárquica de la Ubicación Técnica le permite actualizar de forma centralizada los datos situados en niveles superiores para todos los niveles inferiores (transferencia jerárquica de datos).
- También se puede trabajar con ubicaciones técnicas de referencia dentro de este componente. Al hacerlo, sólo hay que definir cada clase específica de datos una vez. La Ubicación Técnica de referencia proporciona las ubicaciones correspondientes situadas horizontalmente junto a los datos específicos de tipo (transferencia horizontal de datos).
- Puede visualizar los objetos de toda la instalación utilizando varias vistas de estructuras.
- Puede crear ubicaciones técnicas y ubicaciones de referencia mucho más rápidamente utilizando el tratamiento de lista que creándolas individualmente.
- Puede asignar varias identificaciones a cada Ubicación Técnica. Definirá la identificación con la que trabaja más como la identificación primaria y el resto como identificaciones alternativas. Utilizará esta función si se requieren diferentes vistas de estructuras de ubicaciones técnicas.

Una visión general de cómo estaría estructurado un objeto técnico de estas características es la siguiente:

Figura 3-3. Visualización de una Ubicación Técnica

### 3.1.2.2 Equipos

Un Equipo es un objeto individual que se mantiene independientemente, pudiendo montarse y desmontarse en ubicaciones técnicas.

El sistema SAP permite gestionarlos independientemente, consiguiéndose con ello:

- Aplicar operaciones de mantenimiento a cada equipo definido.
- Gestionar todo lo referente al mantenimiento de cada equipo.
- Obtener un histórico de datos de cada uno de los equipos.
- Analizar y evaluar los datos registrados de cada equipo.

A la hora de definir un equipo, son necesarios completar los siguientes datos: datos generales del equipo (año

de construcción, número de serie del equipo, etc.), datos de mantenimiento (personal encargado de realizar el mantenimiento, grupo planificador de las tareas de mantenimiento, etc.), datos de ubicación (centro de emplazamiento, centro de coste, etc.) y datos de stock (stock disponible e información del proveedor).

También dispone de las siguientes funciones: (Montero Padilla & Crespo Márquez, 2009) [3]

- Puntos de medida, contadores y documentos de medición.
- Permisos.
- Textos multilingües.
- Clasificación. Se pueden clasificar unidades de equipo por sus propiedades técnicas utilizando el sistema de clasificación SAP. Las clases ayudan a buscar equipos similares o idénticos en el sistema más fácilmente.
- Gestión de documentos.
- Gestión de direcciones. Se puede definir una dirección para cada unidad de equipo.

La visión general de un equipo en la plataforma SAP es muy similar a la de las Ubicaciones Técnicas, con la diferencia de que los equipos suelen ir colgados de éstas.

### 3.1.3 Planes de Mantenimiento

El mantenimiento planificado se usa para evitar paradas del sistema o la parada de otros objetos, que, además de los costes de reparación, a menudo provocan costes posteriores más elevados debido a la parada en la fabricación.

Mantenimiento planificado es el término genérico para inspecciones, mantenimiento preventivo y reparaciones planificadas, para las cuales se puede planificar el tiempo y el alcance del trabajo con antelación.

Para gestionar la planificación del mantenimiento nos servimos de los planes de mantenimiento asociados a equipos o ubicaciones técnicas.

Un Plan de Mantenimiento consta básicamente de los siguientes elementos básicos:

- Posiciones de mantenimiento: En las posiciones de mantenimiento se describen las medidas de mantenimiento preventivo que deben realizarse regularmente en un objeto técnico o un grupo de los mismos. El plan de mantenimiento debe contener como mínimo una posición. Al crear planes de mantenimiento se asigna una hoja de ruta a cada posición.
- Cabecera del plan de mantenimiento: Contiene información de la programación del plan.

Además, cabe la posibilidad si se requiere de el plan de mantenimiento de ciclo múltiple, que se caracteriza por tener la posibilidad de usar en un mismo plan de mantenimiento distintos ciclos y contadores. Esto será útil cuando el mantenimiento de los equipos vaya cambiando con los años, por ejemplo. La ITV de un coche es una muestra de este tipo de plan de mantenimiento.

Se ha elegido un Plan de Mantenimiento como ejemplo para conocer mejor su función:

**Visualizar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 000000000**

Plan mant.prev.  REVISION TURBINAS DE AEREACION

Ciclos plan de mantenimiento 21.11.2019    Parám.programación plan mantenimiento    Datos adicionales ...

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
3 MON		TRIMESTRAL	0
6 MON		SEMESTRAL	0
12 MON		ANUAL	0

Posición    Lista objeto posición    Emplazamiento posición    Llamadas programadas posición    Ciclos ...

Posición PM  REVISION TURBINAS DE AEREACION

Objeto de referencia

Ubic.técn.  TRATAMIENTO BIOLOGICO

Equipo  TURBINA 1 Balsa AIREACION

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif.  Planificación Mantto.  Grupo planif.  Mto. EDAR

Clase de orden  Orden de actuaciones preventiv... Clase actividad PM  Mantenimiento Preve...

Pto.tbjo.resp.  /  PTR. Cont.Ext. ED... División

Prioridad

Documento venta  /

Hoja de ruta para mantenimiento

Ip.	GrHRuta	CGrHR	Descripción
<input type="text" value="A"/>	<input type="text" value="PTOL"/>	<input type="text" value="21"/>	REVISION TURBINAS AIREACION (3M/6M/1A)

Figura 3-4. Visualización de un Plan de Mantenimiento

### 3.1.4 Explotación de las transacciones en SAP PM

Las transacciones en SAP PM tienen una gran cantidad de información recopilada para mostrar, pudiendo así hacer una búsqueda muy avanzada con tantos filtros que, aun habiendo una cantidad infinita de datos recogido, si se usa de forma óptima y concisa, se da con la búsqueda exacta.

Las transacciones más frecuentemente utilizadas son:



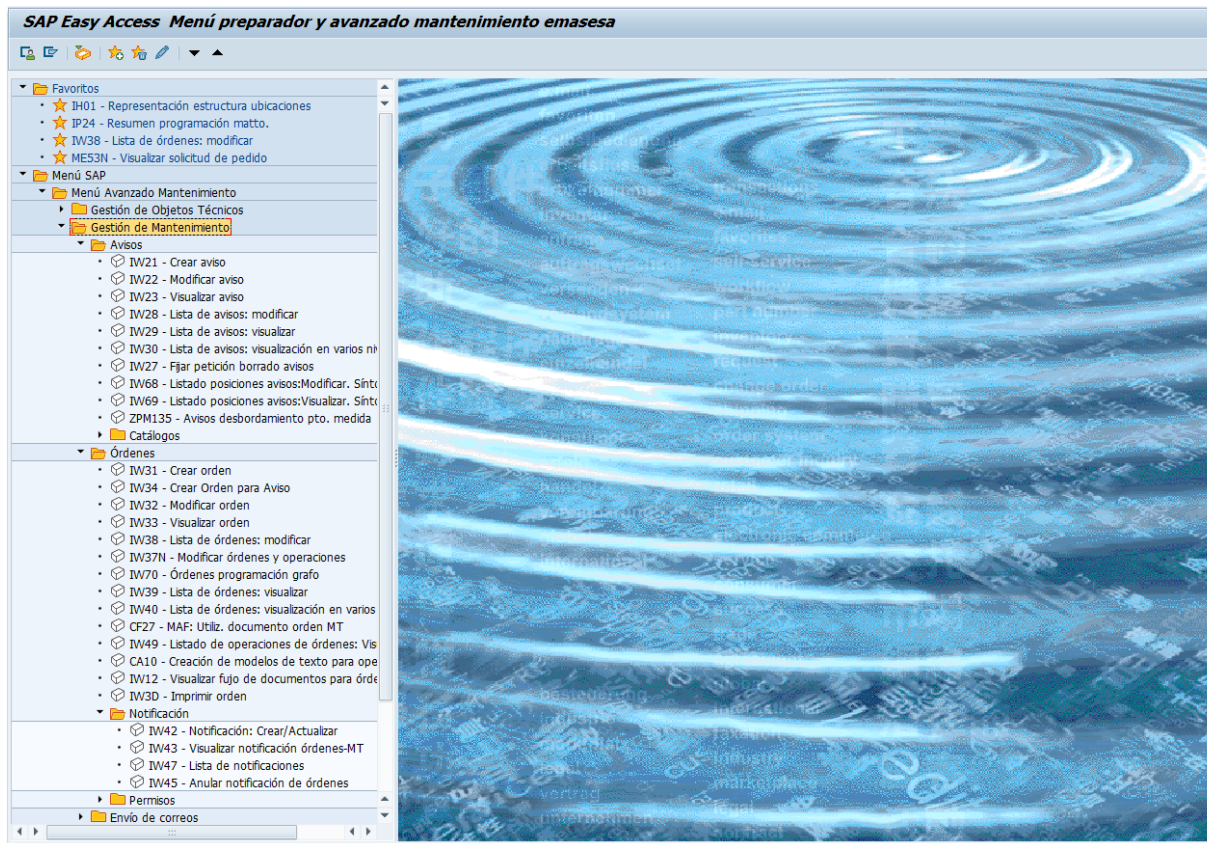


Figura 3-5. Transacciones para la Gestión del Mantenimiento

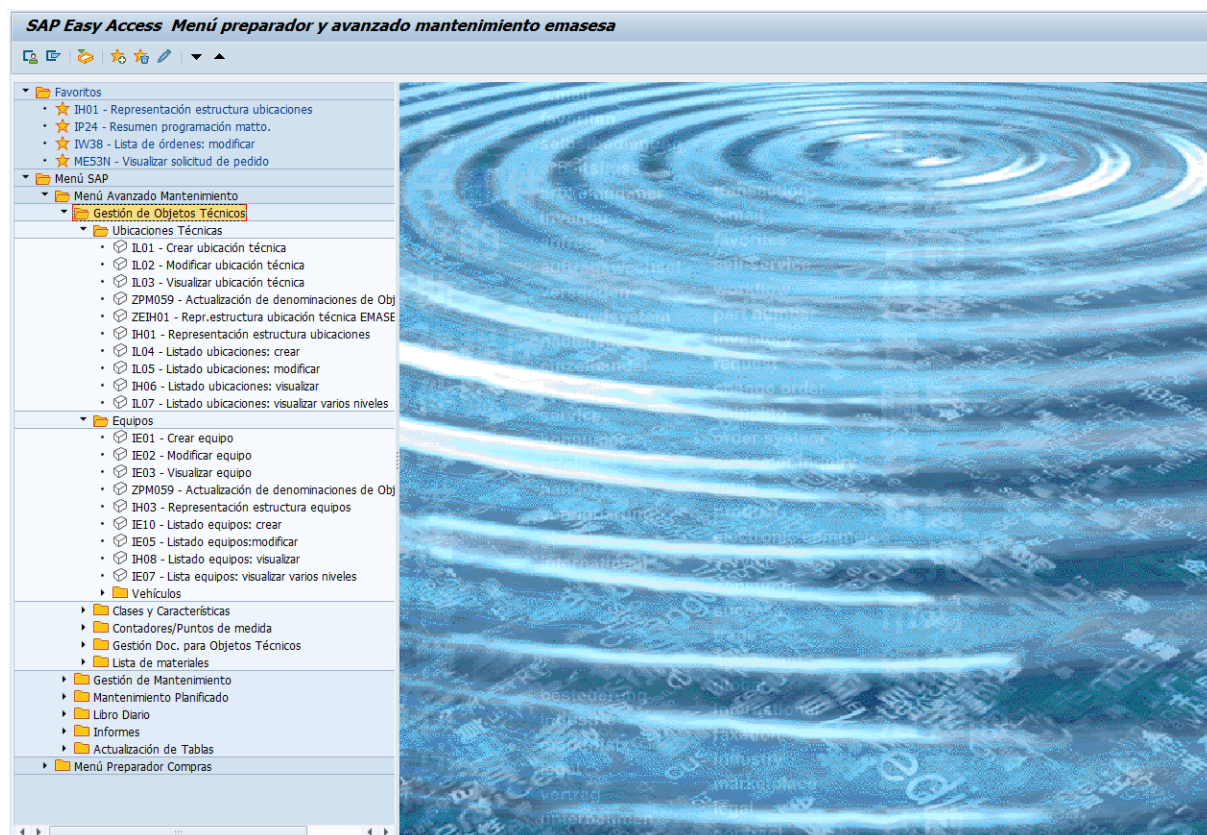


Figura 3-6. Transacciones para la Gestión de Objetos Técnicos



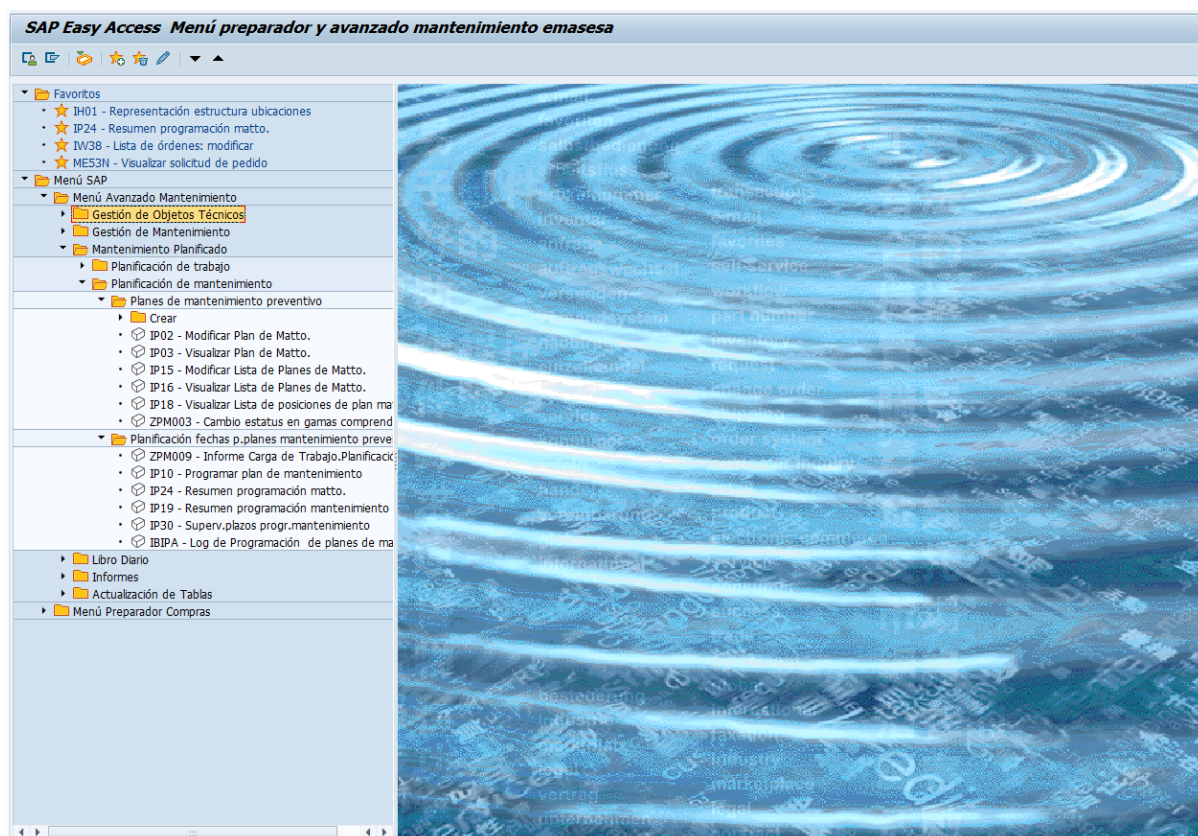


Figura 3-7. Transacciones para el Mantenimiento Planificado

Aunque, para conocer con más detalle cómo se realiza una transacción en SAP PM, se va a ver algunos de los ejemplos más destacados de las transacciones principales:

Figura 3-8. Formulación de la transacción IE03: Visualizar Equipo

Sin embargo, estas búsquedas se pueden volver odiosas si se tienen que hacer repetidas veces y difíciles si no se tiene mucha experiencia en SAP, por lo que pueden llevar a los trabajadores perder mucho tiempo de su trabajo. Es por este tipo de elementos que se ha optado por el uso de una herramienta más potente que sea capaz de realizar todas estas transacciones y describirlas resumidamente a través de un Cuadro de Mando o de Informes.

Visual plan mantenim. prev.: planes de mantenimiento seleccionados

Id.	Plan mantenim. prev.	Txt plan mantenim.	Entr.	ITm.un.	Hor inicio de ciclo	Grúo	Ind.creac.	Nº toma	Status del sistema	FcD	C...	T...	C...
1	5	Revisión de polsanta	ZET	3 JHR	100 15.10.2009	E007	X	7	ABIE	1,00			
11		REVISIÓN DE CUADROS ELECTRICOS	ZET	3 JHR	100 20.10.2010	E007	X	12	ABIE	1,00			
21		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
22		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
23		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
24		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
25		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
26		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
27		REVISIÓN TORNILLOS	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
28		REVISIÓN TORNILLOS ARQUIMEDES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	11	ABIE	1,00	100	100	
29		REVISIÓN TORNILLOS ARQUIMEDES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	11	ABIE	1,00	100	100	
30		REVISIÓN TORNILLOS ARQUIMEDES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	11	ABIE	1,00	100	100	
31		REVISIÓN TORRES DESODORIZACION	ZET	3 JHR	100 17.06.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
32		REVISIÓN TORRES DESODORIZACION	ZET	3 JHR	100 17.06.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
33		REVISIÓN TORRES DESODORIZACION	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
34		REVISIÓN TORRES DESODORIZACION	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
35		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 15.10.2013	E005	X	26	ABIE	1,00	100	100	
36		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
37		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
38		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
39		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
40		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
41		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
42		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
43		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
44		REVISIÓN LIMPÍARREJAS	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
45		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
46		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
47		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
48		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
49		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
50		REVISIÓN DECANTADORES	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
51		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
52		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
53		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 04.11.2013	E005	X	22	ABIE	1,00	100	100	
54		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	21	ABIE	1,00	100	100	
55		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	21	ABIE	1,00	100	100	
56		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 16.09.2013	E005	X	21	ABIE	1,00	100	100	
57		REVISIÓN TURBINAS DE AEREAACION	ZET	3 JHR	100 15.07.2013	E005	X	26	ABIE	1,00	100	100	

Figura 3-9. Resultado de la transacción IP03: Visualizar Plan de Mantenimiento Preventivo

### 3.2 El proceso de carga y depuración de datos a la herramienta BI

Los datos con los que se obtienen todos los indicadores desde cualquier departamento que esté vinculado con la herramienta Business Intelligence son cargados diariamente a través de consultores y trabajadores. Cada una de las bases que se necesitan cargar tienen su propio horario dando así un alivio a la plataforma de sistema de información.

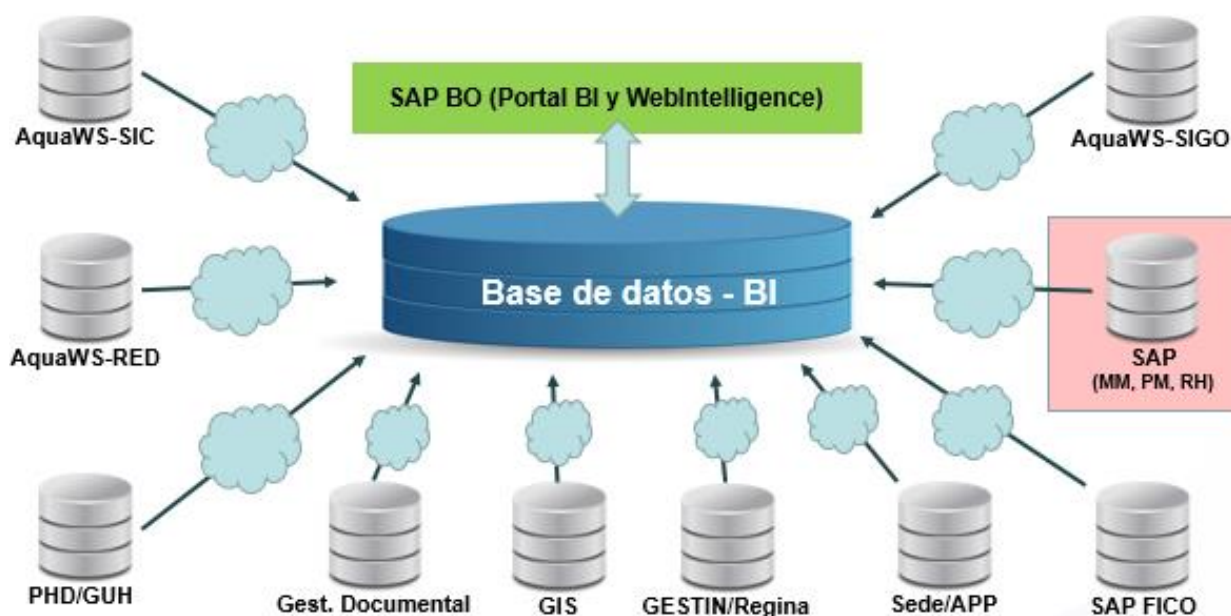


Figura 3-10. Carga de datos en la herramienta Business Intelligence

En el caso de los indicadores de gestión del mantenimiento se va a basar de los datos recogidos a través de SAP, en concreto del módulo PM. Aunque, en el supuesto de que hiciera falta los datos de otra plataforma para el cálculo de dichos indicadores se podría tomar sin ningún problema.

### 3.3 Propuesta de indicadores de gestión de mantenimiento

Para conocer qué tipos de indicadores se deben llevar a cabo en la empresa es necesario primero definir los objetivos a alcanzar en cada nivel de la empresa, desde el nivel de la compañía global hasta nivel de equipos, máquinas o nivel de decisiones específicas en inversiones.

Los objetivos más destacables en la empresa de gestión del ciclo integral del agua son:

- La disponibilidad de los equipos para hacer frente al mal temporal y a gestionar el agua durante el ciclo completo.
- Preservar la salud, seguridad y medio ambiente.
- Control de los servicios de recursos humanos internos y externos.
- La fiabilidad de los equipos o máquinas.
- Reducir los costes del mantenimiento y aumentar su durabilidad.
- Elección de estrategias para las tomas de decisiones óptimas.

Una vez fijados los objetivos, hay que encontrar los indicadores que permitan medir esos parámetros y seleccionar los más convenientes.

En definitiva, tras el estudio realizado de los posibles Indicadores, estos son los más interesantes que se han podido lograr a partir de las normas europeas del mantenimiento.

#### 3.3.1 Indicadores clave de rendimiento

La Norma europea UNE-EN 15341 (AENOR, 2008) [20] habla de indicadores claves de rendimiento dentro del mantenimiento teniendo en cuenta una arquitectura dividida en tres categorías: económicos, técnicos y organizacionales.

Estos indicadores pueden ser evaluados como una relación entre factores (numerador y denominador), actividades de medición, recursos o sucesos, de acuerdo con una fórmula dada. Además, los indicadores extraídos de esta Norma europea pueden ser utilizados para medir cualquier aspecto cuantitativo o característica obligatoria y para efectuar comparaciones homogéneas.

Los Indicadores Claves de Rendimiento son influidos por otros factores adicionales, que son los factores externos e internos:

- Externos: Son condiciones variables que quedan fuera del control de la gestión de la empresa, por lo que podrían afectar negativamente sin tener una solución a priori.
- Internos: Están referidos a la empresa y las instalaciones que están fuera del control de la gestión del mantenimiento, pero dentro del control de la gestión de la compañía.

Además, los indicadores referidos en esta norma europea están estructurados de forma jerárquica en niveles, que conforme va aumentando el nivel trata indicadores de una manera más detallada. Aunque en este documento se propongan tres niveles, cada compañía puede establecer la magnitud y el número de niveles.

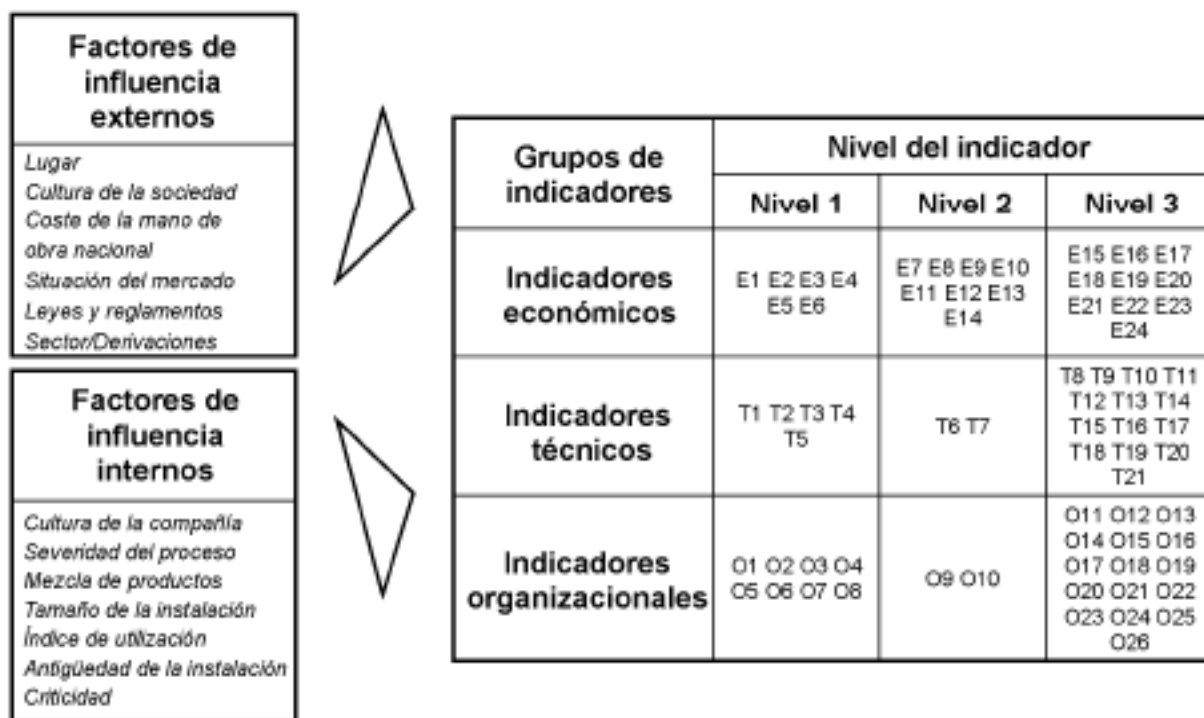


Figura 3-11. Factores que influyen en el mantenimiento e indicadores

Fuente: Tomado de la Norma europea UNE-EN 15341

Los indicadores claves de rendimiento se han dividido tal y como esta norma lo establece, obteniéndose un total de 30 indicadores diferentes divididos en tres secciones.

#### 1. Indicadores claves económicos:

Los indicadores referidos a costes o proporción de gastos dentro de la empresa, ya sea el valor del mantenimiento total, el coste de formación del personal de mantenimiento, el coste de contratación del personal del mantenimiento, etc.

Tabla 3-2. Indicadores Claves de Rendimiento Económicos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Porcentaje de coste en personal interno de mantenimiento</b>	$\frac{\text{Coste total de personal interno en mantenimiento}}{\text{Coste total del mantenimiento}} \times 100$
<b>Valor unitario por persona</b>	$\frac{\text{Coste de formación del personal de mantenimiento}}{\text{Efectivo del personal de mantenimiento}} \times 100$
<b>Coste total del mantenimiento</b>	Coste total de mantenimiento por año
<b>Coste referido al Mantenimiento Preventivo</b>	Coste de mantenimiento referido a Preventivo
<b>Coste referido al Mantenimiento Correctivo</b>	Coste de mantenimiento referido a Correctivo

#### 2. Indicadores claves técnicos:

Los indicadores de índole técnico para la organización, que son referidos a la disponibilidad, funcionamiento, fallos, etc.

Tabla 3–3. Indicadores Claves de Rendimiento Técnicos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Número de Órdenes de Trabajo de mantenimiento correctivo generado</b>	La cuenta de las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo generado: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con “Fecha planificada” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de orden: ZE01</li> <li>- PTR: Todos (P, I, III, C, CMM, CMS, CSI)</li> </ul>
<b>Número de Órdenes de Trabajo ZE04</b>	Cuenta de todas las Órdenes de Trabajo que son de otras actuaciones de mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC NOTI en el periodo de consulta con “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE04</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de Órdenes de Trabajo ZE05</b>	Cuenta de todas las Órdenes de Trabajo que son de Proyectos y obras: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC NOTI en el periodo de consulta con “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de Órdenes de Trabajo ZE06</b>	Cuenta de todas las Órdenes de Trabajo que son de Explotación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC NOTI en el periodo de consulta con “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE06</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de Órdenes de Trabajo ZE07</b>	Cuenta de todas las Órdenes de Trabajo que son de Conservación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC NOTI en el periodo de consulta con “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE07</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Lesiones del personal de mantenimiento por periodo de tiempo</b>	$\frac{\text{Número de lesiones del personal debido al mantenimiento}}{\text{Tiempo de trabajo}} \times 100$
<b>Porcentaje de fallos que causan lesiones al personal</b>	$\frac{\text{Número de fallos que causan lesiones al personal}}{\text{Número de fallos}} \times 100$
<b>Fallos generadores de daño ambiental por periodo de tiempo</b>	$\frac{\text{Número de fallos de mantenimiento que generan daño ambiental}}{\text{Tiempo de calendario}} \times 100$
<b>MTBF: Tiempo medio entre fallos</b>	$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número de fallos}}$

<b>MTTR: Tiempo medio de recuperación</b>	$\frac{\text{Tiempo total de recuperación}}{\text{Número de fallos}}$
---	---

### 3. Indicadores claves organizacionales:

Los indicadores referidos a la manera organizativa de la empresa, como son el número de horas del personal de mantenimiento, número de personal disponible, tiempo empleado en cada mantenimiento (correctivo o preventivo), etc.

Tabla 3–4. Indicadores Claves de Rendimiento Organizacionales

<b>Indicadores</b>	<b>Cálculo y/o Descripción</b>
<b>Número de Órdenes de Trabajo programadas</b>	La cuenta de las Órdenes de Trabajo de mantenimiento programado en el periodo de consulta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con “Fecha Planificada” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE01</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de Órdenes de Trabajo realizadas de mantenimiento programado</b>	La cuenta de las Órdenes de Trabajo de mantenimiento programado realizados en el periodo de consulta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en el periodo de consulta con “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE01</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Porcentaje realizado de Órdenes de Trabajo programadas</b>	En el periodo de consulta por “Fecha Fin Real”, se calcula: $\frac{\text{Número de Órdenes de Trabajo realizadas de mantenimiento programado}}{\text{Número de las Órdenes de Trabajo programadas}}$
<b>Porcentaje realizado acumulado de Órdenes de Trabajo programadas</b>	$\frac{\text{Número de Órdenes de Trabajo realizadas programadas en el año}}{\text{Número total de las Órdenes de Trabajo programadas}}$ <p>Número de OTs realizadas programadas en el año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs de Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE01</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>Número total de las OTs programadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con “Fecha de planificación” desde el 01/01 del año de consulta hasta el final del periodo de consulta (en el caso de indicador mensual, sería hasta el último día del mes de estudio), que no sean GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE01</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Horas de mantenimiento programado</b>	La suma de todas las horas notificadas de las Órdenes de Trabajo de mantenimiento programadas y realizadas en el periodo de consulta:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” dentro del periodo de consulta</li> </ul>
<b>Horas duración averías</b>	<p>Recuento de todas las horas notificadas de las averías en el periodo de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs en con Status de sistema CTEC y NOTI en “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de averías Mensual</b>	<p>La cuenta de averías por meses:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con status de sistema CTEC y NOTI que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de averías de larga duración</b>	<p>La cuenta de averías de larga duración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Averías con un tiempo de notificación mayor a 40 horas</li> </ul>
<b>Número de averías en equipos y ubicaciones técnicas prioritarios (criticidad A)</b>	<p>Recuento de averías que han sufrido equipos y ubicaciones técnicas con mantenimiento programado.</p> <p>Ubicaciones y equipos con criticidad A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UTs y equipos con campo de clasificación ABC: A</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>Averías en las Ubicaciones y equipos con criticidad A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Listado de UTs y equipos con criticidad A</li> </ul>
<b>Horas de correctivo generado</b>	<p>Recuento de todas las horas notificadas de las Órdenes de Trabajo de correctivo generado en el periodo de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E06</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de otras Órdenes de correctivo</b>	<p>Cuenta de todas las Órdenes de Trabajo que son de otras actuaciones correctivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta, sin contar OTs con Status RECH, GACO y NEJE</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Clase de actividad: E07, E21, E22, E45</li> </ul>
<b>Horas de otras actuaciones de correctivo</b>	Suma de todas las horas notificadas de otras Órdenes de Trabajo de correctivo generado, es decir, las horas de la consulta Número de otras Órdenes de correctivo
<b>Personal interno referido al mantenimiento</b>	$\frac{\text{Efectivo del personal interno de mantenimiento}}{\text{Total de empleados internos}} \times 100$
<b>Índice de Frecuencia de lesiones en el personal interno de mantenimiento</b>	$\frac{\text{Número de lesiones del personal de mantenimiento}}{\text{Efectivo total de personal de mantenimiento}} \times 1000$

### 3.3.2 Indicadores de proceso

Respecto a la Norma europea UNE-EN 17007 (AENOR, 2018) [21], trata de un conjunto de indicadores que proporcionan una descripción genérica del proceso de mantenimiento. La clasificación que se hará dentro de esta Norma va orientada a la ayuda del personal del mantenimiento, y particularmente, a la gestión en sus diferentes niveles.

Según esta norma, se define proceso como el conjunto de actividades mutuamente interrelacionadas, que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto.

La descomposición del proceso de mantenimiento se realiza tal que:

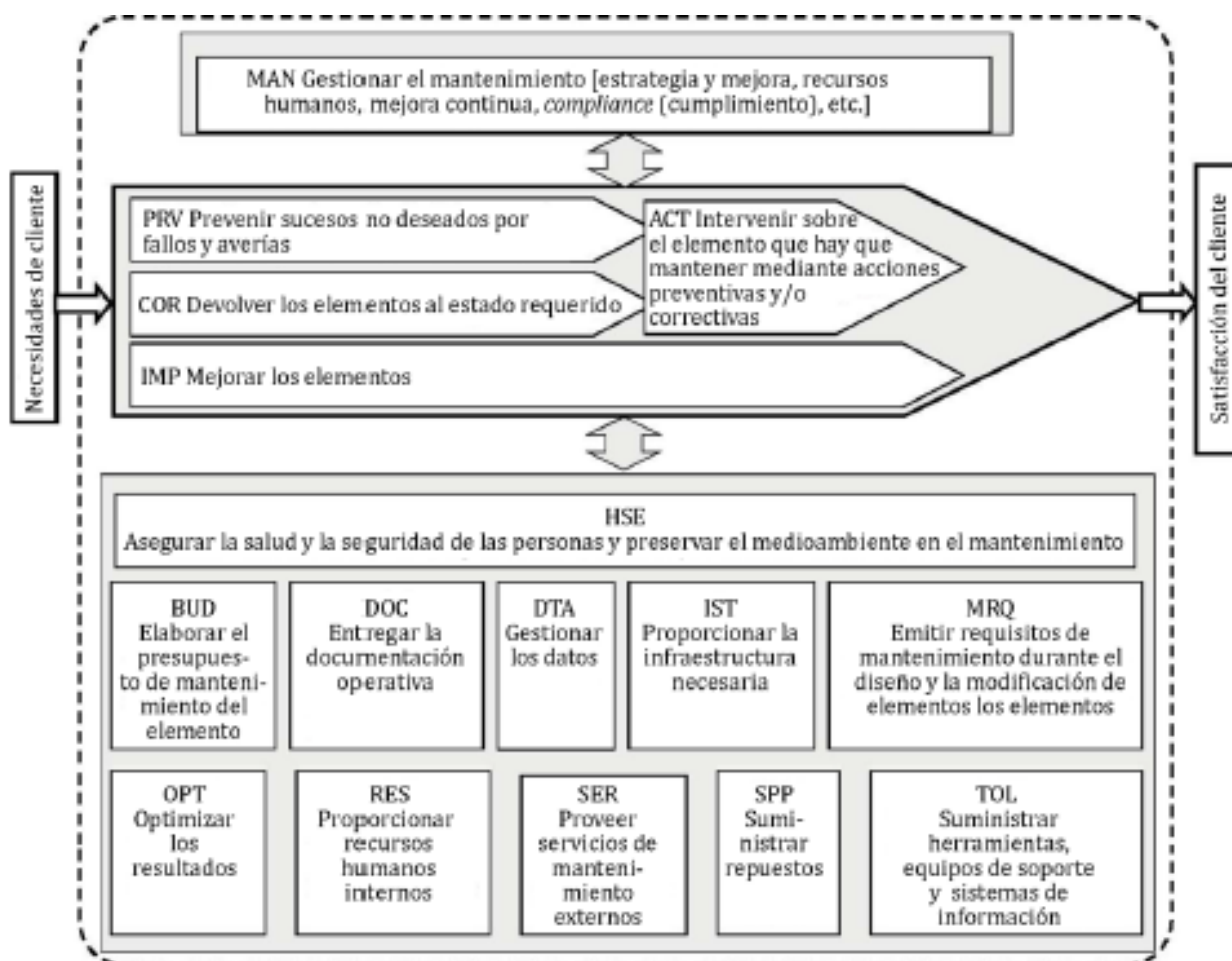


Figura 3-12. Procesos de mantenimiento

Fuente: Tomado de la Norma europea UNE-EN 17007



Cada uno de los elementos que se encuentran en la Figura 3-5 son procesos de mantenimiento en los que se puede aplicar la norma y extraer indicadores.

Estos procesos de mantenimiento están divididos en categorías más amplias de forma jerárquica:

- Procesos de gestión. Aquellos procesos que incluyen la determinación de los objetivos y la política a seguir para alcanzarlos, el despliegue de los medios de la empresa y la asignación de los recursos.
- Procesos de realización. Procesos que contribuyen directamente al logro del resultado esperado y están diseñados para garantizar que se cumplan las necesidades expresadas por el cliente.
- Procesos de soporte. Aquellos que son esenciales para el funcionamiento de los otros procesos al proporcionarles los recursos necesarios.

Incluyen actividades relacionadas con: Recursos humanos, Recursos financieros, Recursos materiales y su mantenimiento y Procesamiento de la información.

Con la información normativa existente se proponen un total de 41 indicadores diferentes, que se pueden encontrar hasta en 16 procesos diferentes dentro de las tres divisiones generales de familias de procesos antes mencionadas.

a) Gestionar el mantenimiento:

La finalidad la gestión del mantenimiento para alcanzar los objetivos establecidos por la dirección de la empresa.

Las actividades claves que se realizan en este proceso son: establecer la política, la estrategia y las acciones de desarrollo del mantenimiento; elaborar y negociar los presupuestos; supervisar las acciones, etc.

Tabla 3–5. Indicadores de Procesos: MAN. Gestionar el mantenimiento

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Número de inspecciones internas programadas</b>	Cuenta el número de órdenes de trabajo que son de inspecciones internas programadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con “Fecha planificada” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE03</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Número de inspecciones internas realizadas</b>	Cuenta el número de órdenes de trabajo que son de inspecciones internas realizadas en el periodo de consulta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE03</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Procentaje realizado de inspecciones internas S.I.</b>	Cociente que mide qué porcentaje de las inspecciones internas programadas se ha logrado realizar: $\frac{\text{Número de inspecciones internas realizadas}}{\text{Número de inspecciones internas programadas}}$
<b>Número de inspecciones OCA programadas</b>	La cuenta de inspecciones OCA programadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con “Fecha planificada” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE03</li> </ul>

	- PTR: Todos
<b>Número de inspecciones OCA realizadas</b>	La cuenta de inspecciones OCA realizadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status GACO o RECH</li> <li>- Clase de Orden: ZE03</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>
<b>Porcentaje realizado de inspecciones programadas</b>	El cociente entre el número de inspecciones OCA realizadas y el número total de las programadas: $\frac{\text{Número de inspecciones OCA realizadas}}{\text{Número de inspecciones OCA programadas}}$
<b>Número de subsanación de anomalías S.I.</b>	La cuenta de órdenes de trabajo de subsanación de anomalías: <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E09</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul>

b) Prevenir sucesos no deseados por fallos y averías:

Trata de caracterizar y priorizar los sucesos que pueden tener impacto adverso y significativo sobre la disponibilidad, fiabilidad, medio ambiente, costes, etc. Además, determina las acciones a implementar sobre los elementos para lograr los objetivos establecidos.

Tabla 3–6. Indicadores de Procesos: PRV. Prevenir sucesos no deseados por fallos y averías

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Eficacia de mantenimiento programado en equipos de criticidad A</b>	<p>Porcentaje de equipos y UTs con CRITICIDAD A que NO han sufrido averías sobre el total de estos objetos técnicos:</p> $1 - \frac{\frac{UTs}{\text{Equipos con crit. A que sufren averías}}}{\frac{UTs}{\text{Equipos con crit. A}}} \times 100$ <p>Obtención de equipos y UTs con criticidad A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Listado de UTs totales con Status exclusivo NOAC y PTBO, e indicador de criticidad ABC:A</li> <li>- Listado de equipos totales con Status exclusivo NOAC y PTBO, e indicador de criticidad ABC: A</li> </ul> <p>Obtención de UTs y equipos con criticidad A que han sufrido averías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en periodo de consulta por “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE de UTs y equipos con criticidad A</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> </ul>
<b>Frecuencia global de fallos</b>	$\frac{\text{Número de averías que han sufrido los equipos y UT}}{\text{Número total de equipos y UT}} \times 100$ <p>Cálculo del Número de averías que han sufrido los equipos y UTs:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en el periodo de consulta por “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>Listado de UTs y equipos totales, por separado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Status exclusivo NOAC y PTBO en la fecha de consulta</li> </ul>
<b>Frecuencia global de fallos en equipos prioritarios</b>	$\frac{\text{Número de averías que han sufrido los equipos y UT con crit. A}}{\text{Número total de equipos y UT con crit. A}} \times 100$ <p>Número de averías en equipos con criticidad A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UTs y equipos con criticidad A</li> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en el periodo de consulta por “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>Listado de UTs y equipos totales con criticidad A, por separado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Status exclusivo NOAC y PTBO en la fecha de consulta</li> <li>- Indicador ABC: A</li> </ul>

c) Clasificar los sucesos adecuados:

Cumplir con el objetivo de jerarquizar los sucesos que han sido objeto de mantenimiento correctivo según su importancia y las restricciones de la implementación. La lista clasificada de sucesos debe de establecerse y actualizarse continuamente. Además, otra finalidad es detectar averías, localizarlas e identificar las causas raíz.

Los procesos de prevenir y coordinar comparten el proceso de “Implementar acciones preventivas y correctivas en los elementos que se deben mantener.”

Tabla 3–7. Indicadores de Procesos: COR. Devolver los elementos al estado requerido

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Tiempo medio de atención de averías</b>	<p>La media del tiempo de atención de averías. Tiempo de atención: es el número de días entre la fecha de inicio real de la OT y la fecha de creación del aviso.</p> <p>Se calcula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- “Fecha Inicio Real de la OT” – “Fecha Creación del Aviso”, medido en días con 2 decimales</li> </ul>
<b>Tiempo medio de resolución de averías</b>	<p>La media del tiempo de resolución de averías. Tiempo de resolución: es el número de días entre la fecha fin real y la fecha inicio real de la orden.</p> <p>Se calcula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real”</li> </ul>

	<p>en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- “Fecha Fin Real de la OT” – “Fecha Inicio Real de la OT”. Medido en días con 2 decimales</li> </ul>
<b>Tiempo medio de atención y resolución de averías</b>	<p>La media del tiempo de atención y resolución de averías. Es el número de días entre la fecha fin real de la Orden de Trabajo y la fecha de creación del aviso correspondiente.</p> <p>Se calcula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- “Fecha Fin Real de la OT” – “Fecha Creación del Aviso”, medido en días con 2 decimales</li> </ul>
<b>Número de Ubicaciones Técnicas y equipos con averías repetitivas</b>	<p>La cuenta de Equipos y Uts con más de 3 averías en el periodo de cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el último año desde la fecha de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Averías con un tiempo notificado mayor a 40 horas</li> </ul>

d) Intervenir sobre el elemento, que hay que mantener, mediante acciones preventivas y correctivas:

Se priorizan los sucesos que deben tratarse mediante mantenimiento preventivo de acuerdo con su importancia y limitaciones de su realización.

Se prepara la información de mantenimiento para las tareas, se establece la línea de tiempo para las tareas planificadas, se establece el cronograma provisional, se comienzan las tareas asignando las correspondientes acciones, se devuelve el elemento al estado requerido y se finaliza la tarea restituyendo la zona de intervención, devolviendo el elemento al usuario y recopilando la experiencia.

Tabla 3–8. Indicadores de Procesos: ACT. Intervenir sobre el elemento

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Tiempo de mantenimiento estimado en comparación con el tiempo de mantenimiento real</b>	Muestra de una gráfica con la comparación del tiempo de mantenimiento en ambos casos para predecir el tiempo real y ajustar la programación de las tareas
<b>Retraso acumulado de Órdenes de Trabajo de mantenimiento Preventivo</b>	La cuenta total de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo acumulado
<b>Sucesos que deben resolverse durante el próximo periodo de tiempo</b>	Organización y recuento de las Órdenes de Trabajo que se tienen que resolver en el próximo periodo de tiempo
<b>Tasa de producción de averías</b>	$\frac{OTs \text{ de averías realizadas}}{OTs \text{ de averías real.} + OTs \text{ de averías no real.} + Avisos \text{ sin OT}} \times 100$

	<p>Órdenes de Trabajo de averías realizadas en el periodo de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI en el periodo de consulta por “Fecha Fin Real” que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de Orden: ZE02</li> <li>- Clase d actividad: E05</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>Órdenes de Trabajo de averías no realizadas en el periodo de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Clase de actividad: E05</li> <li>- OTs que en el último periodo de consulta no poseen CTEC y NOTI: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. OTs concluidas cuya “Fecha de Inicio Extrema” &lt;= “Último día del periodo de consulta” y “Fecha Fin Real” &gt; “Último día del periodo de consulta”</li> <li>2. OTs abiertas y pendientes con Status exclusivo RECH, GACO o NEJE cuya “Fecha de Inicio Extremo” &lt;= “Último día del periodo de consulta”</li> </ol> </li> </ul> <p>Avisos sin Orden de Trabajo asignada en el periodo de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Clase de aviso: ZC</li> <li>- Excluir avisos MECE y PTBO <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avisos con “Fecha de creación del aviso” &lt;= “Último día del periodo de consulta” y “Fecha creación de OT asociada” &gt; “Último día del periodo de consulta”</li> <li>2. Avisos con “Fecha creación del aviso” &lt;= “Último día del periodo de consulta” y sin orden asignada</li> </ol> </li> </ul>
<b>Horas reales hombre por tarea</b>	Cuenta de horas de las OTs por tarea para conocer las Ubicaciones técnicas o Equipos que poseen más horas de averías
<b>Tasa de producción de correctivo generado</b>	<p>Explotación de los equipos (arranques, paradas, bombeo, etc.)) en un periodo de tiempo</p> $\frac{OTs\ de\ correctivo\ generado}{OTs\ de\ mantenimiento\ preventivo + Explotación\ de\ equipo} \times 100$ <p>OTs de correctivo generado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- Clase de actividad: E06</li> <li>- PTR: Todos</li> </ul> <p>OTs de mantenimiento Preventivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Clase de Orden: ZE01</li> </ul> <p>OTs de explotación de equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTs con Status de sistema CTEC y NOTI con “Fecha Fin Real” en el periodo de consulta que no tengan Status RECH, GACO o NEJE</li> <li>- PTR: Todos</li> <li>- Clase de Orden: ZE06</li> </ul>
--	--

e) Mejorar los elementos:

Se trata de definir, hacer seguimiento o realizar y validar las mejoras de los elementos, cuando ésta ofrece una solución mejor que las acciones preventivas o correctivas para gestionar los fallos o sus consecuencias. El elemento se mejora en términos de fiabilidad y/o mantenimiento y/o seguridad a un coste adecuado.

f) Asegurar la salud y la seguridad de las personas y preservar el medioambiente en el mantenimiento:

Tiene como objetivo garantizar la salud y la seguridad de las personas, y proteger los elementos y el medioambiente durante las tareas de mantenimiento.

Las actividades claves de este proceso consisten en la evaluación e identificación de los riesgos para priorizarlos y hacer seguimiento de ellos.

Tabla 3–9. Indicadores de Procesos: HSE. Asegurar la salud, seguridad y medio ambiente

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Tasa de accidentes relacionados con el mantenimiento</b>	Número de accidentes dentro de la empresa que son relacionados con el mantenimiento sobre el total de los accidentes
<b>Días de baja laboral del personal de mantenimiento debido a accidentes de trabajo y enfermedades</b>	Número de días totales de baja de los trabajadores de mantenimiento
<b>Días sin accidentes desde el último accidente</b>	Número de días sin accidentes desde último accidente sufrido con el objetivo de superarse

g) Elaborar el presupuesto de mantenimiento del elemento:

Organizar la planificación económica para las actividades del mantenimiento, tomando como base un ciclo definido.

Tabla 3–10. Indicadores de Procesos: BUD. Elaborar el presupuesto del mantenimiento

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Desviaciones detectadas durante el seguimiento del presupuesto</b>	La diferencia de presupuesto entre lo gastado y lo planificado
<b>Asignación presupuestaria a Preventivo / Correctivo</b>	Presupuesto dirigido a la mantenimiento Preventivo o Correctivo
<b>Asignación presupuestaria a tipos de costes</b>	Presupuesto dirigido a cada tipo de coste de mantenimiento: Mano de obra, Materiales, Transporte, Combustible, etc.

h) Entregar la documentación operativa:

Tiene como finalidad poner a disposición de las personas afectadas, en el lugar de uso, todos los documentos actualizados y utilizables que son necesarios para preparar las tareas de las que son responsables, optimizando el tiempo logístico.

i) Gestionar los datos:

La finalidad es reunir, almacenar, analizar y transmitir todos los datos necesarios para la documentación y mejora del proceso de mantenimiento.

Tabla 3–11. Indicadores de Procesos: DTA. Gestionar los datos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Análisis y actualización de la lista de elementos críticos</b>	Conocer de primera mano los elementos críticos que se tienen en la organización

j) Proporcionar la infraestructura necesaria:

Proporcionar las infraestructuras y las instalaciones necesarias para que todo el personal de mantenimiento realice sus tareas, de manera segura para las personas, los elementos y el medio ambiente.

Tabla 3–12. Indicadores de Procesos: IST. Proporcionar la infraestructura necesaria

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Anomalías detectadas (locales no disponibles a tiempo, energía o servicios necesarios para mantenimiento...)</b>	Si se da el caso de encontrarse anomalías como grietas en estructuras de cemento, es decir, en obras civiles, se contabilizan
<b>Coste total de mantenimiento atribuible a los costes de infraestructura</b>	Costes que conllevaría las reparaciones y mantenimiento de las obras civiles descritas anteriormente

k) Emitir requisitos de mantenimiento durante el diseño y la modificación de elementos:

Definir, hacer seguimiento o realizar y validar las inversiones y las modificaciones de los elementos, cuando los objetivos operativos no se pueden alcanzar o se han modificado. Definir los requisitos iniciales necesarios para implementar el plan de mantenimiento a estos elementos.

Tabla 3–13. Indicadores de Procesos: MRQ. Emitir los requisitos del mantenimiento

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Demoras en las inversiones o modificaciones de los elementos</b>	Priorizar las inversiones: Se puede tener el seguimiento de las inversiones que se tienen en cartera

l) Optimizar los resultados:

Mejora continua que analiza los comentarios internos y externos para determinar las acciones a tomar, los objetivos que se deben alcanzar y las mejores prácticas que se han de aplicar para cada uno de los procesos.

m) Proveer recursos humanos internos:

Recursos humanos internos a tiempo con los niveles de habilidad y las certificaciones necesarias para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

Tabla 3–14. Indicadores de Procesos: RES. Proporcionar recursos humanos internos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Rotación del personal de mantenimiento interno (por año)</b>	Visión global de los trabajadores: Intercambios de personal satisfaciendo la demanda de los trabajadores (Preventivo, Correctivo, Instrumentación)
<b>Distribución del personal de mantenimiento por especialidad</b>	Repartición del personal disponible por rama de especialidad (mecánica, eléctrica e instrumentación)
<b>Absentismo del personal de mantenimiento</b>	Ausencia del personal interno de mantenimiento en horas de trabajo, excluidos accidentes relacionados con el trabajo
<b>Retrasos debido a la indisponibilidad del personal</b>	Retrasos en trabajos de mantenimiento debido a la indisponibilidad del personal
<b>Horas extras de mantenimiento trabajadas por el personal interno</b>	Horas extraordinarias de los trabajadores de mantenimiento

n) Proveer servicios de mantenimiento externos:

Proveer servicios de mantenimiento proporcionados por empresas externas que cuentan con los niveles necesarios, de competencia y cualificación para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

Tabla 3–15. Indicadores de Procesos: SER. Proveer servicios de mantenimiento externos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Contratos firmados con proveedores de servicios</b>	Número de empresas de proveedores firmados (distribuir por volumen de dinero adjudicado)
<b>Tiempo de espera para que los proveedores de servicio intervengan en el mantenimiento</b>	Tiempo de respuesta en que los proveedores intervengan en mantenimiento
<b>Indisponibilidad debido a la mala calidad en el desempeño de mantenimiento</b>	Medir después de la intervención si al poco tiempo hay averías o durante el mantenimiento se ha averiado algún equipo

o) Suministrar repuestos:

Poner a disposición de los equipos de mantenimiento los repuestos.

Tabla 3–16. Indicadores de Procesos: SPP. Suministrar repuestos

Indicadores	Cálculo y/o Descripción
<b>Indisponibilidad debida a falta de repuesto en el almacén (Críticos)</b>	La empresa es de cero almacén: Se deben tener disponibles los repuestos críticos
<b>Tiempo medio de suministro de repuesto</b>	Tiempo desde que se lanza la solicitud de repuesto hasta que se tiene disponible



<b>Coste total de mantenimiento atribuible a los costes de suministros</b>	Coste total atribuible a los gastos en suministro de repuestos de mantenimiento
--	---

p) Suministrar herramientas, equipos de soporte y sistemas de información:

Tiene como finalidad proporcionar a los usuarios los recursos técnicos operativos necesarios para el mantenimiento (herramientas convencionales y especializadas, equipos de prueba y otros equipos; y sistemas de gestión de la información y del mantenimiento).

### 3.4 Herramienta Business Intelligence de SAP

La herramienta encargada del sistema Business intelligence se encuentra a disposición de todos los trabajadores que dispongan de usuario y contraseña, limitando el acceso, para reevaluar los análisis necesarios y requeridos por COMPAÑÍA.

La página principal que se encuentran los usuarios cuando entran en la plataforma virtual te da opciones para que interactúen y elijan los análisis y estudios convenientes en ese momento, desde los módulos principales de Cuadro de Mando Integral y Análisis Libre hasta los diccionarios disponibles.

Cómo se ha comentado antes, la herramienta de Business Intelligence utiliza dos tipos de informes para el cálculo automático de indicadores de rendimiento:

#### 1. El portal de BI:

Se trata de un Cuadro de Mando Integral donde se presentan el conjunto de indicadores para cada uno de los departamentos agrupados por ámbitos junto con otras herramientas. Estos indicadores de mantenimiento son predefinidos por la empresa y los consultores.

En este portal tomado como Cuadro de Mando Integral se ha optado por una interfaz donde se puede ver los indicadores a la izquierda y los resultados y gráficos a la derecha. La navegabilidad entre los indicadores, los años de cálculo y otros filtros son muy fáciles y dinámicos para los usuarios.

El Cuadro de Mando estará dividido en secciones acordadas entre los técnicos, jefes de mantenimiento y los consultores pertinentes.

Las características generales más importantes son:

- Es un Cuadro de Mando corporativo.
- Da acceso a cualquier miembro de la organización.
- Indicadores agrupados en diferentes niveles (ámbito, sub-ámbito, sección)
- Representación temporal: mensual, cuatrimestral y anual.
- Múltiples herramientas integradas: subida de datos en Excel, análisis libre, diccionario de datos, indicadores manuales, etc.
- Seguridad a nivel de indicador.

Características adicionales de los Indicadores del Cuadro de Mando:

- Representación gráfica, generalmente sobre una escala de tiempo, del cumplimiento de un objetivo o de la medida de un determinado aspecto del desempeño de una organización.
- Evolución y múltiples pestañas de detalle (desglose).
- Se definen los criterios de cálculo: cálculo periódico y automático (a mes cerrado, empieza el día 1)
- Requiere una validación por parte del usuario (publicación del dato).
- Una vez publicado el dato se guarda y no cambia.

#### 2. Web Intelligence o Análisis Libre:

Como bien dice el nombre, es una herramienta con la cual los usuarios pueden crear informes dinámicos. Se le da mucha importancia a que los usuarios puedan ser autónomas a la hora de elaborar informes y analizar la información. Los usuarios se pueden encontrar tanto con la creación de Informes desde cero, como informes predefinidos realizados por los consultores.

La interfaz de este tipo de módulo de la herramienta Business intelligence es enfocada a informes que pueden ser predeterminados por los consultores y los técnicos de mantenimiento, o informes creados por las necesidades del usuario en un área determinada.

Los objetos disponibles para realizar informes y consultas están contenidos en lo que SAP BusinessObjects denomina “universos”. Un universo es un conjunto de objetos de metadatos organizados que permiten a los usuarios de negocios analizar los datos corporativos en un lenguaje no técnico y después informar sobre ellos. La función del universo es ofrecer al usuario empresarial objetos empresariales comprensibles semánticamente. El usuario tiene la libertad de analizar data y crear informes usando el lenguaje empresarial pertinente independientemente de los orígenes de datos y las estructuras subyacentes.

El universo “Módulo de análisis libre” se ha organizado en carpetas, agrupando conceptos de información con características comunes, para facilitar la búsqueda de objetos a los usuarios. Cada usuario, en función de la unidad a la que pertenezca, tendrá acceso a unas u otras carpetas. En cada una de las carpetas se podrán encontrar 4 tipos de objetos diferentes:

Tabla 3–17. Tipos de objetos en Web Intelligence

Tipo de objeto	Descripción	Ejemplos
<b>Dimensiones</b>	Objetos que se asigna a una o varias columnas de tabla o una función en una base de datos, y representa un eje de análisis en una consulta.	Mes, Población...
<b>Atributos</b>	Un atributo es un objeto adjunto a una dimensión que proporciona información descriptiva adicional acerca de la misma.	ID Población
<b>Indicadores</b>	Son objetos que representan cálculos y funciones de agrupamiento que se asignan a datos estadísticos y analíticos en la base de datos.	Nº de trabajadores de mantenimiento
<b>Filtros</b>	Un filtro es un objeto de condición que limita los datos devueltos en una consulta. Los filtros se pueden insertar en el panel Filtros de consulta para que se apliquen a la consulta.	Años, PTR...

Las características generales más importantes de este módulo son:

- Web Intelligence es la herramienta para la consulta y creación de informes (Análisis libre).
- Permite crear informes:
  - o Estáticos: con tablas, gráficos, textos y darles formato.
  - o Hacerlos dinámicos: añadir filtros de selección sobre la marcha, actualizar datos, vincular gráficos a tablas, etc...
- Funcionamiento parecido a EXCEL (Con limitaciones. Tablas dinámicas).
- Funcionalidades extra:
  - o Exporta a distintos formatos: Excel, PDF, ficheros de texto plano.
  - o Programación de informes para que sean enviados a destinatarios en un momento de tiempo determinado.

- Los datos sobre los que opera son un reflejo de los orígenes, generalmente no se puede ver el estado en el pasado.
- Gran variedad de funciones de visualización: rankings, rupturas, secciones, etc...

Algunas de las características de los Informes son:

- Documento, generalmente en un formato imprimible, que contiene información más detallada de la organización mediante múltiples elementos: tablas, gráficos, cuadros de texto.
- El usuario tiene control: crear, modificar, duplicar, etc.
- Operativa mucho más amplia: tratamiento de datos, múltiples representaciones, filtros, operaciones con datos, etc.
- Los informes se pueden refrescar. Tras el refresco, los datos pueden cambiar: siempre mostrará los datos más actualizados.
- Licencias limitadas. Usuarios compartidos.

Por último, las ventajas que se obtienen en este módulo son:

- Inviertes tiempo en la creación del informe y a partir de ahí, sólo tienes que actualizar, es decir, hay un ahorro de tiempo en elaboraciones periódicas y repetitivas.
- Parámetros de entrada para informes (variantes).
- Se pueden programar envíos por correo de informes a múltiples usuarios con frecuencia personalizada.
- Se pueden aplicar filtros dinámicos para que no sea simplemente un informe estático.
- Máximo nivel de personalización de cada informe y de control sobre cada elemento.

### 3.4.1 Validación de los indicadores en el Cuadro de Mando Integral

Una vez consensuado la gama de indicadores que a la empresa le parece correspondientes y útiles para la gestión de su organización, se debe realizar una validación y seguimiento durante los primeros meses en los que se comprobarán que los indicadores del cuadro de mando integral y de los informes predeterminados están bien calculados y sin errores.

Para las validaciones se utilizará tres fuentes de cálculos con las que se podrán comparar los resultados obtenidos:

- Cuadro de Mando: Simplemente se trata de mirar el resultado obtenido del indicador correspondiente en el Cuadro de Mando Integral.
- Información de SAP: A través de las búsquedas con las transacciones que sean necesarias. Los resultados de estas búsquedas son exportadas a Excel y con las herramientas de excel como las tablas dinámicas, se hace el recuento del indicador correspondiente. La validación en SAP es la más tardía debido a la cantidad de transacciones que se deben hacer.
- Información de Análisis libre (BI): A través de los informes predeterminados se añaden los filtros necesarios, como son las fechas o status, y se obtiene el resultado del indicador correspondiente. La información resultante se puede tratar en la plataforma en sí o exportarlo a Excel.

Cada uno de los indicadores debe ser validados con estas tres formas de calcularlos. Estos cálculos se suelen hacer en excel por comodidad.

Por ejemplo, la validación del indicador “Horas de duración de las averías”:

Mantenimiento de instalaciones (31/12/2018)						
	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018	Junio 2018
Averías						
Horas duración averías	949,15	1.082,25	1.020,00	1.404,26	1.211,55	1.001,00
Información de SAP						
Horas duración averías	949,15	1082,25	1020	1404,26	1211,55	1001
Información de Análisis Libre (BI)						
Horas duración averías	949,15	1082,25	1020	1404,26	1211,55	1001

Figura 3-13. Validación del indicador “Horas de duración de averías” en Excel

El indicador validado está correctamente calculado desde las tres fuentes, por lo que se puede contactar con el consultor y darlo por válido.

En el supuesto caso de que hubiera algún fallo que no corresponda con los resultados debidos se debe contactar con el consultor y buscar una los fallos que han provocado esa diferencia. Una vez realizado los cambios que son debidos se debe recalcular todos y comparar de nuevo. Este es el proceso hasta que quede validado el indicador.

### 3.4.2 Formación en el módulo de Análisis Libre

El objetivo de este apartado es la formación de los usuarios correspondientes a utilizar la herramienta, cómo navegar por ella y buscar los errores más comunes en los indicadores a partir de los umbrales y, por último, aprender a crear informes específicos y visualizar los informes predeterminados de la herramienta.

Aunque la realización de informes no es un proceso complicado, se debe conocer el funcionamiento de este módulo. A continuación, se describe brevemente cómo llevar a cabo las acciones más comunes que se realizan con la herramienta de Análisis libre.

Se puede abrir o crear un documento desde cuatro perspectivas diferentes:

1. Ejecutar un documento existente:

Simplemente hay que hacer doble clic sobre él y el documento se abrirá en modo lectura.

2. Abrir un documento para editarlo:

Pulsar con el botón derecho sobre él y seleccionar la opción “Modificar”. Esta opción sólo aparecerá disponible cuando el usuario tenga permisos para editar dicho informe.

3. Copiar un documento a otra carpeta:

Los informes que el Administrador deja disponibles en las “Carpetas públicas” no pueden ser editados por los usuarios, por lo que en caso de necesitar modificar uno de ellos la opción posible es copiarlo a la carpeta “Mis documentos” donde el usuario tiene control total.

Comúnmente se da la situación de que un usuario que quiere construir un informe con determinada información, resulta que existe ya predefinido un informe similar en la carpeta de informes del Cuadro de mando. En ese caso, es más útil copiar dicho informe en la carpeta personal y una vez ahí modificarlo, en lugar de empezar a construir el informe desde cero.

4. Crear un documento nuevo:

Para crear un documento nuevo es necesario ejecutar la aplicación “Web Intelligence” disponible en el menú superior “Aplicaciones”:

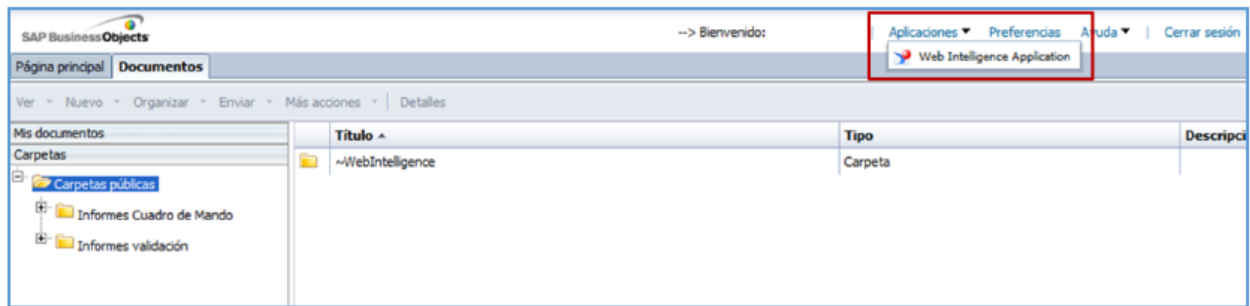


Figura 3-14. Menú principal para crear un nuevo documento

Una vez abierta la aplicación, habrá aparecido una nueva pestaña en el área de trabajo. Permite las opciones de “Crear un nuevo documento” o “Abrir” uno existente. En este caso seleccionaremos la primera opción:



Figura 3-15. Menú de Aplicaciones para crear un nuevo documento

La herramienta nos solicitará indicar cual será el origen de datos de nuestro nuevo documento. Seleccionaremos la opción “Universo” y pulsaremos en “Aceptar”.

Se presentará al usuario la lista de universos disponibles para la construcción de informes, en función de su perfil.

### 3.4.2.1 Creación, ejecución y guardado de consultas en el informe

Una vez abierto un documento nuevo se abrirá el panel de edición de la consulta, que tiene la siguiente estructura:

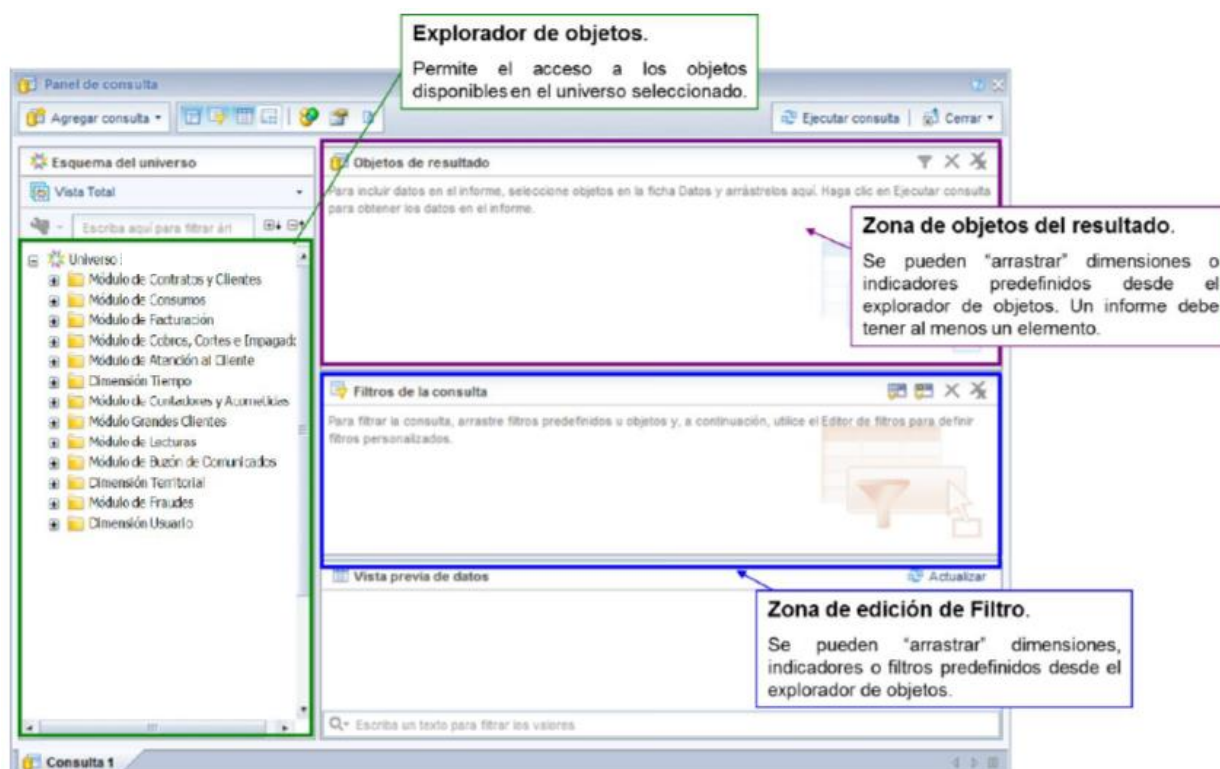


Figura 3-16. Menú de la consulta en el documento

Para construir nuestra consulta sólo hay que:

- Arrastrar al panel "Objetos de resultado" aquellos objetos que deseamos mostrar en el documento, ya sea en una celda, tabla o un gráfico. Estos objetos pueden ser de tres tipos: dimensiones, atributos e indicadores.
- Añadir al panel "Filtros de la consulta" aquellas condiciones que van a restringir los resultados devueltos por la consulta. Por ejemplo: acotar un período de tiempo o seleccionar una determinada población. Puede incluirse directamente un filtro predefinido o crear la condición a partir de un objeto del universo, como muestra la siguiente imagen:

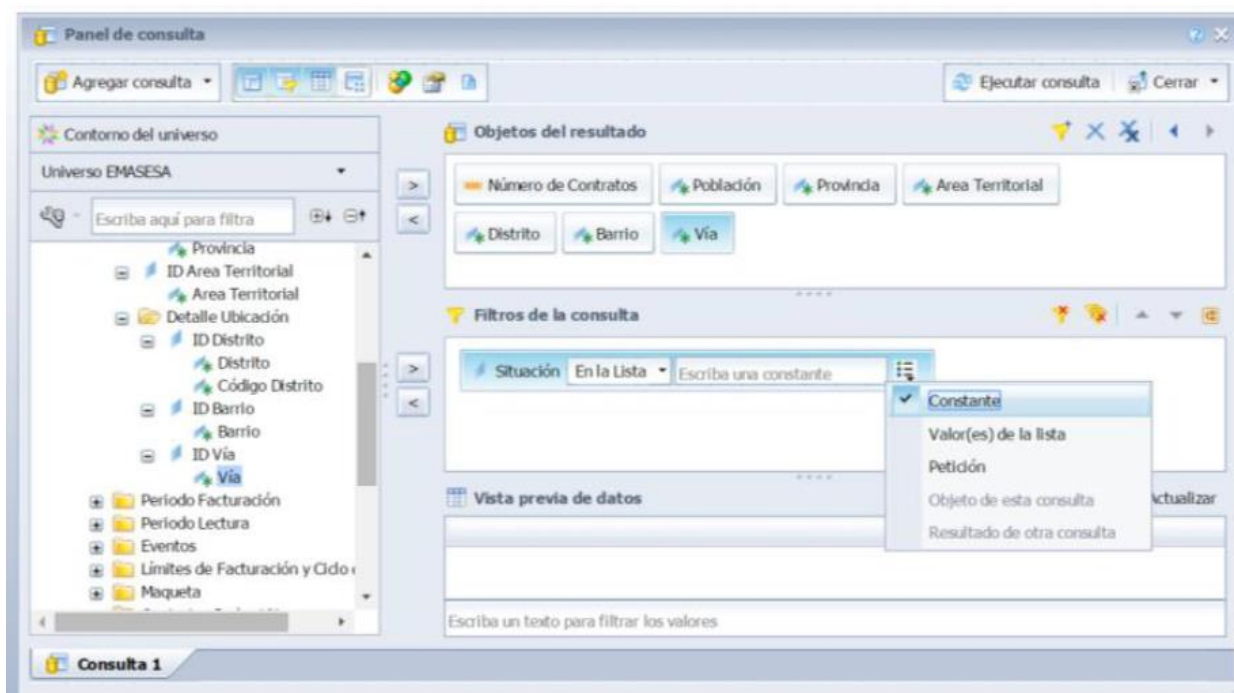


Figura 3-17. Menú de desarrollo de la consulta en el documento

A la hora de configurar un filtro para la consulta, se pueden seleccionar las siguientes opciones: Introducir un valor constante, Seleccionar los valores de la lista, Petición que al ejecutar el documento se pedirá al usuario que introduzca el valor, Comparar un objeto con otro objeto de esta consulta o Usar una subconsulta (filtros más complejos). Si se usan varias condiciones, se pueden combinar usando los operadores “Y”, “O”.

Una vez añadidos los objetos a la consulta, pulsaremos en el botón “Ejecutar consulta” que nos mostrará los resultados de la consulta en el panel de “Edición del informe”, al que se puede tratar como un documento de Excel. Un ejemplo de una consulta es la siguiente:

	Horas
E-0100	3,134.05
<b>ZE02 Orden de matto. correctivo</b>	<b>0,5</b>
Sustituir iluminación interior taller	0,5
<b>ZE04 Orden de otras activ matto.</b>	<b>1,75</b>
Recepcionar pedido de fusibles	0,5
Reponer guante de alta coche de servicio	0,5
Reconocimiento médico	0,75
<b>ZE01 Orden de actuaciones preventivas</b>	<b>2</b>
REVISION DE HERRAMIENTAS	1
Revisión elementos de seguridad de taller	1
<b>ZE02 Orden de matto. correctivo</b>	<b>3</b>
Reparar bomba dosificadora PZIG-300	1
Reparar radial coche 153	1
Se limpia y ponen pilas detector ATCAT 9	1
<b>ZE04 Orden de otras activ matto.</b>	<b>24</b>
Acompañar al capataz	1
Buscar pieza en comercio	1
Cambiar coche 153 por 154	1
Coche 154	1
Comprar agua destilada para grupos	1
Comprar de materiales en comercio.	1
Contar herramientas del 153	1
Curso de seguridad	1
Curso Manejo de cargas	1
Dejar broca de hilly en San jose norte	1
Fabricar alargadera	1
Fabricar alargadera coche 225	1
Hacer alargadera.	1

Figura 3-18. Consulta ejecutada en Análisis libre

Al crear un nuevo documento y ejecutar la consulta por primera vez para mostrar los resultados, el documento contiene un informe que incluye los resultado de la consulta en una tabla vertical. Se puede modificar cómo está organizada la tabla, quitar o agregar datos, cambiar el tipo de tabla para mostrar los resultados de manera diferente o insertar otras tablas, así como modificar cualquier aspecto del formato.

En cualquier momento, es posible volver a la pantalla de “Edición de la consulta” mediante la barra de herramientas “Acceso a datos”.

Por último, los documentos se pueden guardar como documentos Web Intelligence en el repositorio corporativo o exportarlos a Excel o PDF.

Seleccionando la opción “Guardar como” del menú Archivo, se abrirá la siguiente pantalla:

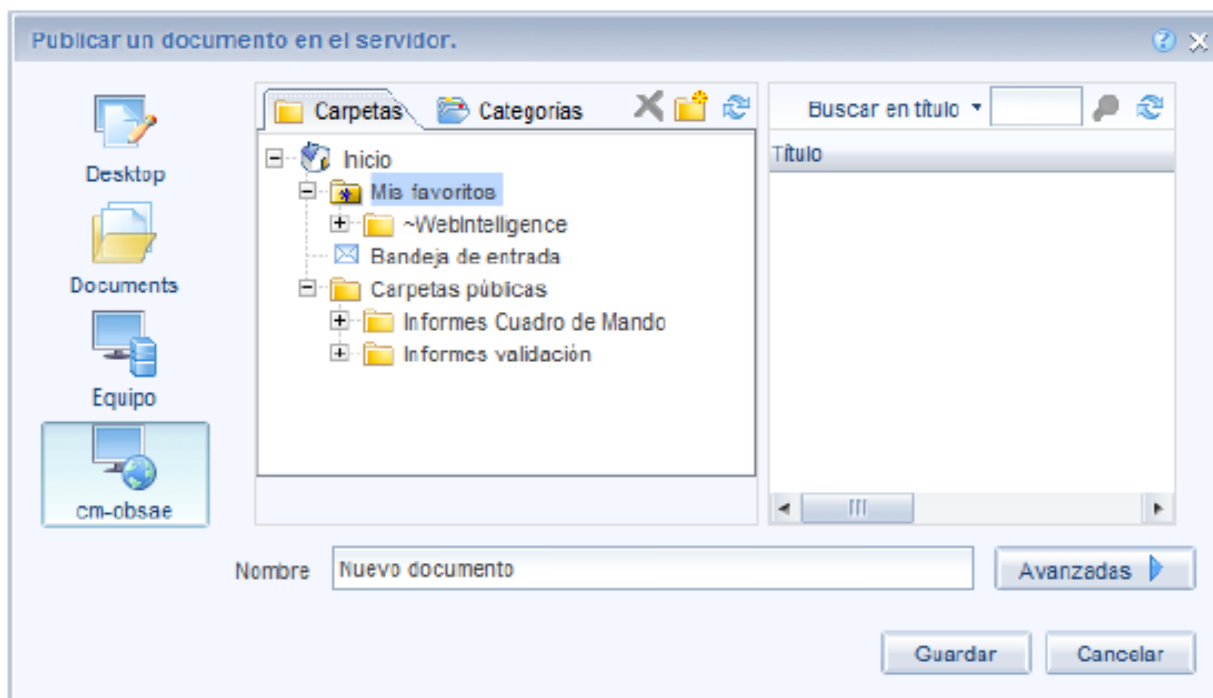


Figura 3-19. Guardado del nuevo documento

Para guardar el documento en el repositorio corporativo:

Elegiremos la opción “tb0008” (nombre del servidor), marcaremos la carpeta donde lo queremos guardar y el nombre que daremos al nuevo documento. Finalmente pulsaremos en el botón “Guardar”.

Para guardar el documento en Excel o PDF:

Elegiremos la opción “Equipo” y seleccionaremos la carpeta de nuestro PC donde queremos guardar el fichero, le daremos un nombre e indicaremos el formato (Excel o PDF) en el desplegable inferior.

Una vez preparada y ejecutada la consulta, el siguiente paso es formatear el documento para que adquiriera el aspecto y opciones de navegación deseadas. Este documento se puede completar con la misma utilidad que un excel, ya que es muy similar a la hora de trabajar con ello.

A continuación se mencionan las funcionalidades de uso más común:

- Copiar una tabla
- Cambiar entre tipos de tablas y gráficos
- Agregar o quitar filas o columnas a una tabla
- Insertar cálculos
- Insertar fórmulas y variables
- Aplicar formatos a tablas y celdas
- Aplicar ordenaciones
- Filtros rápidos
- Añadir clasificaciones
- Añadir rupturas
- Añadir secciones.



## 4 RESULTADOS OBTENIDOS

---

**E**n este capítulo se va a explicar el proceso de elección de los indicadores a los que han sido sometidos para llegar a un desarrollo óptimo y creación de un cuadro de mando no de excesivo tamaño. También se van a describir los tipos de indicadores y su función dentro del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones.

La mayor parte de los indicadores han sido extraídos de las normas europeas de indicadores de mantenimiento, ya que, tanto por las investigaciones realizadas como por los objetivos de COMPAÑÍA, son los que mejor se adaptan.

### 4.1 Cuadro de Mando Integral

Para el diseño del Cuadro de Mando Integral se efectuó una gran gama de indicadores de mantenimiento referidos a casi todos los ámbitos disponibles dónde el mantenimiento tenía un papel importante, pero para crear un Cuadro de Mando objetivo y fácil de visualizar se debe hacer una criba y elección de los indicadores que realmente se les puede sacar provecho, ya que no todos los indicadores pueden ser analizados para una cierta mejora en la organización. De esta manera, los ingenieros de mantenimiento correspondientes en la empresa hacen uso de su conocimiento y toman la elección de coger los indicadores más destacados.

Los indicadores elegidos se han dividido en las diferentes secciones que la empresa ha creído convenientes en el Departamento de Mantenimiento de Instalaciones, quedando así dividido un total de 43 indicadores en 10 secciones meramente diferenciadas.

Sin embargo, en el presente Cuadro de Mando se va a mostrar como resultado los 35 indicadores que ya han sido implantados actualmente por un mutuo acuerdo entre jefes y técnicos de mantenimiento de la compañía. A día de hoy, la división a la que están sometidas los indicadores que se tienen en el Cuadro de Mando Integral de BI son las siguientes:

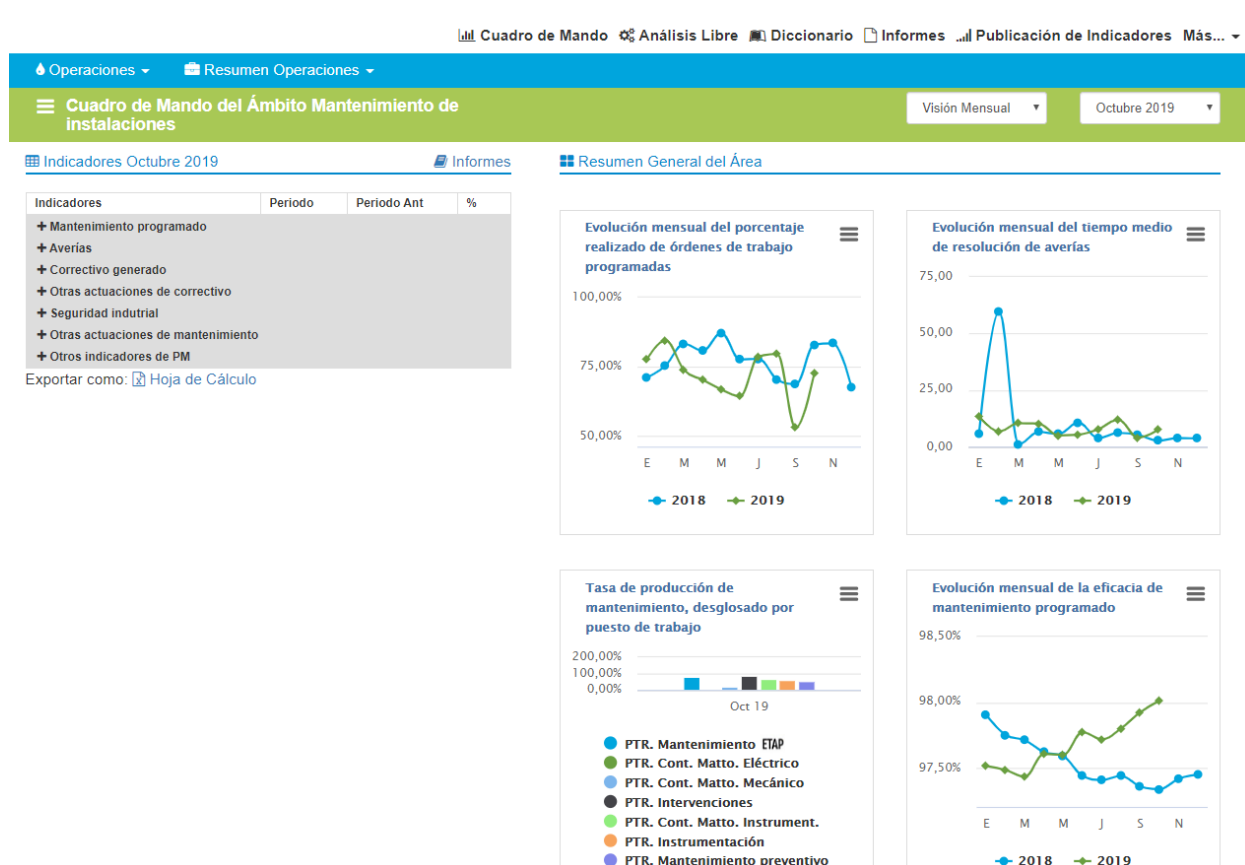


Figura 4-1. Cuadro de Mando Integral actual

Cada una de las secciones tiene su gama de indicadores de gestión asociados con la que se caracteriza objetivamente:

### 1. Mantenimiento programado.

Se recoge todos los indicadores correspondientes al mantenimiento programado, es decir, al mantenimiento preventivo. Se utiliza para prever, planificar y corregir las Órdenes de Trabajo de mantenimiento.

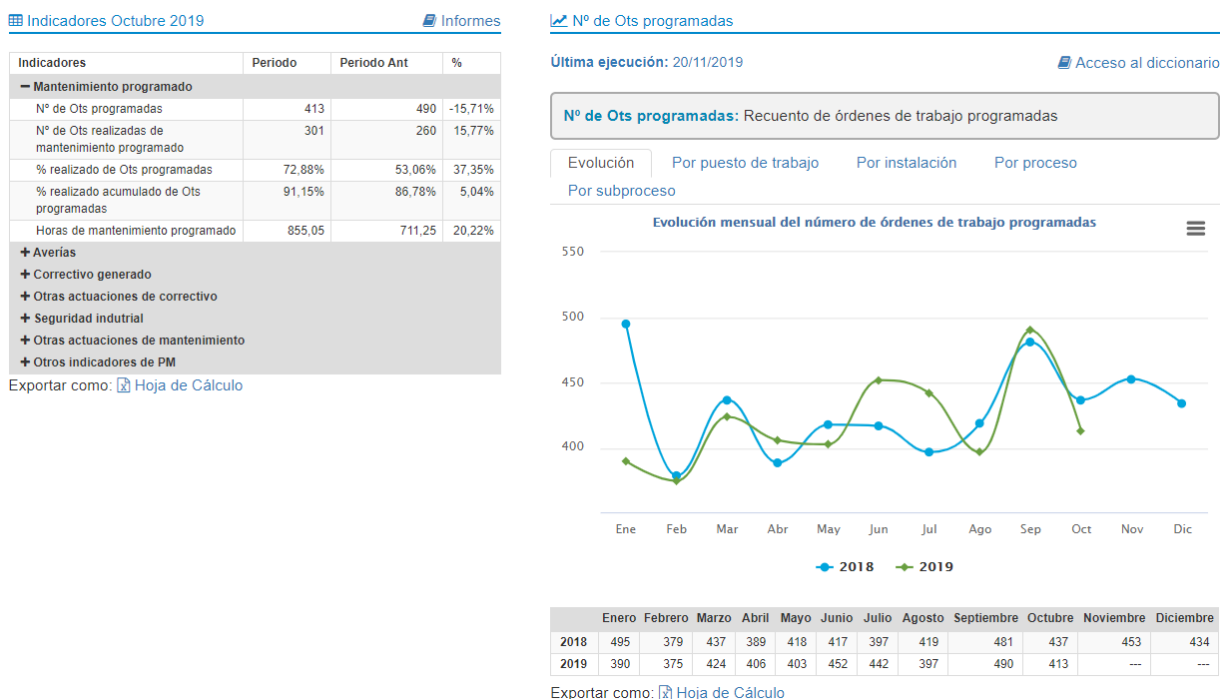


Figura 4-2. Sección del Mantenimiento programado

## 2. Averías.

Todos los indicadores que sirvan de ayuda para mejorar a la toma de decisiones respecto a las averías, desde su tiempo de mantenimiento, su tiempo de atención y resolución, hasta el número de averías en equipos y ubicaciones técnicas.

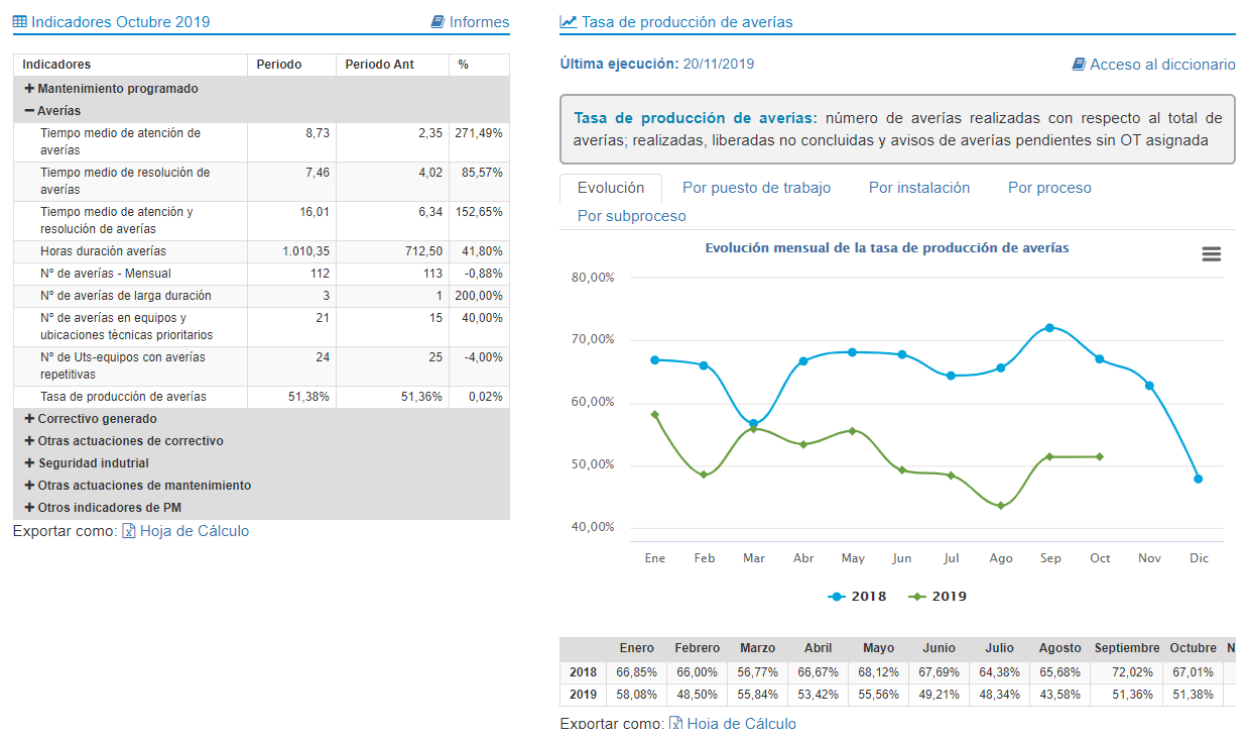


Figura 4-3. Sección de Averías

## 3. Correctivo generado.

Los indicadores correspondientes al mantenimiento correctivo que se genere en la empresa, así como las Órdenes de Trabajo.



Figura 4-4. Sección de Correctivo generado

#### 4. Otras actuaciones de correctivo.

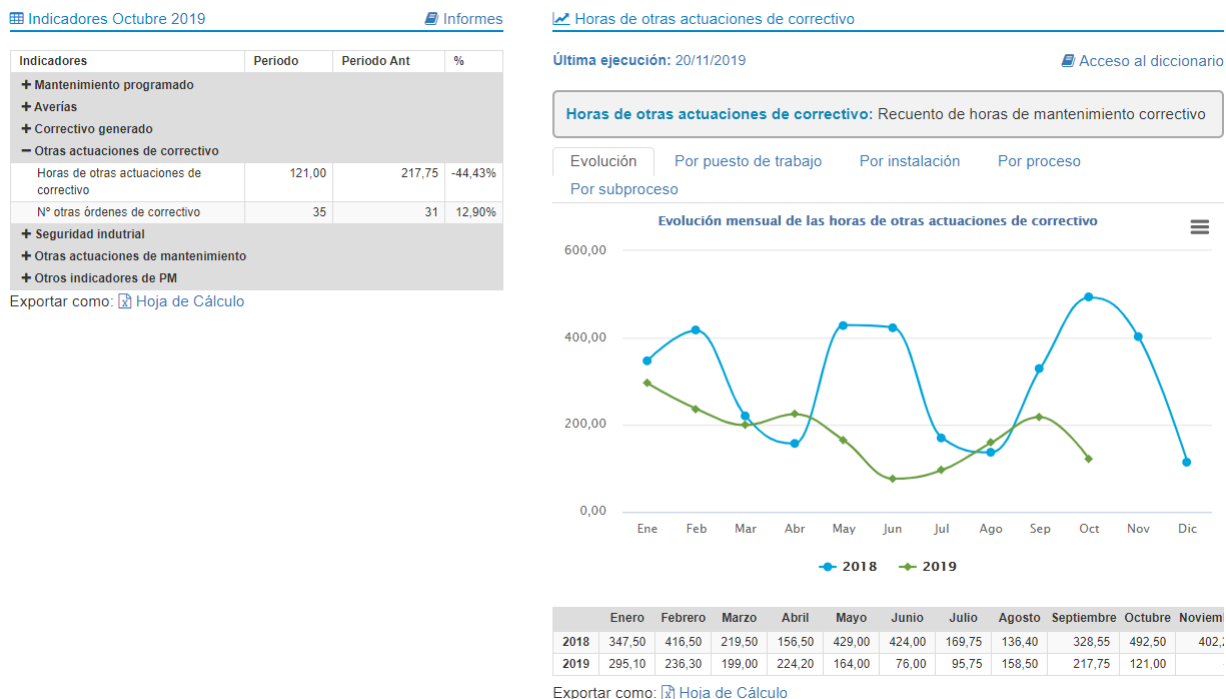


Figura 4-5. Sección de Otras actuaciones de correctivo

#### 5. Seguridad Industrial.

La Seguridad Industrial es una parte fundamental de las empresas que realizan actividades industriales y va muy unida al mantenimiento. Estos indicadores tratan de fortalecer el mantenimiento a través de la prevención y limitación de riesgos, para así reducir los costes futuros y aumentar la seguridad en las instalaciones.

Los indicadores, en este caso, tratan de inspecciones internas y externas, de nivel legal o no, y que son de gran importancia para su correcto funcionamiento de acuerdo a los decretos actuales.

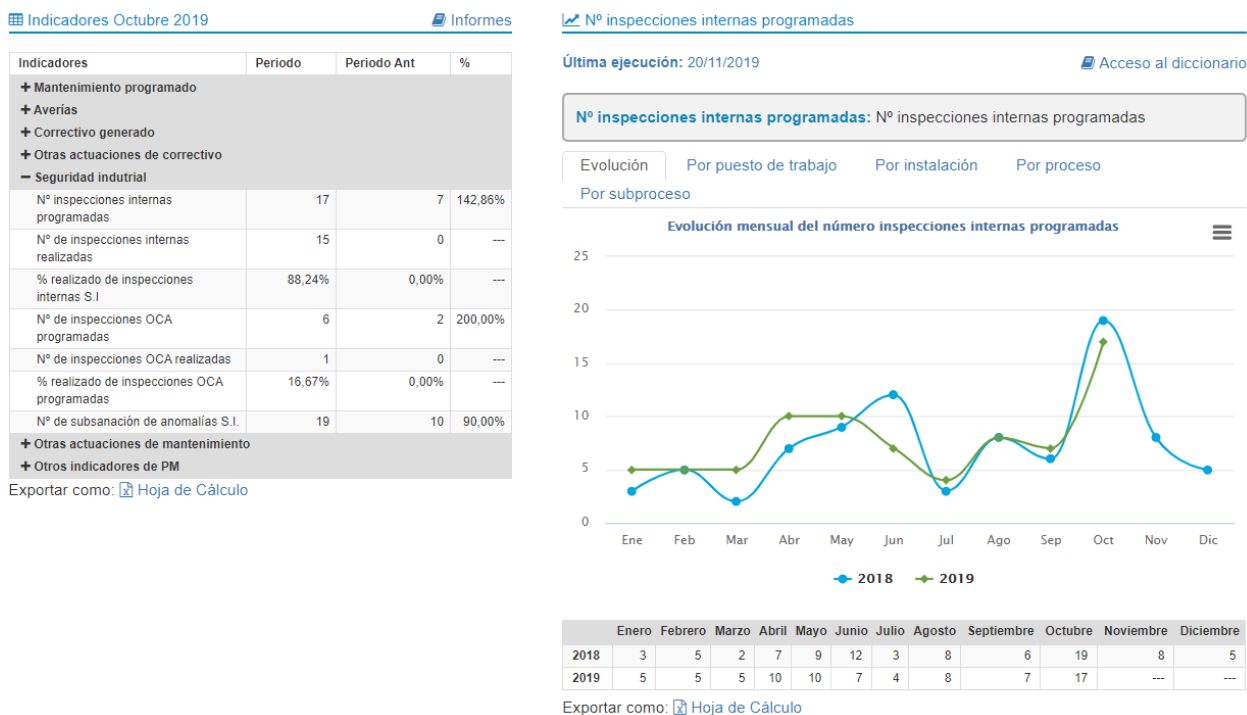


Figura 4-6. Sección de Seguridad Industrial

## 6. Otras actuaciones de mantenimiento.

Se encuentran los indicadores dirigidos a las Órdenes de Trabajo creadas para unos tipos específicos de intervenciones de mantenimiento.

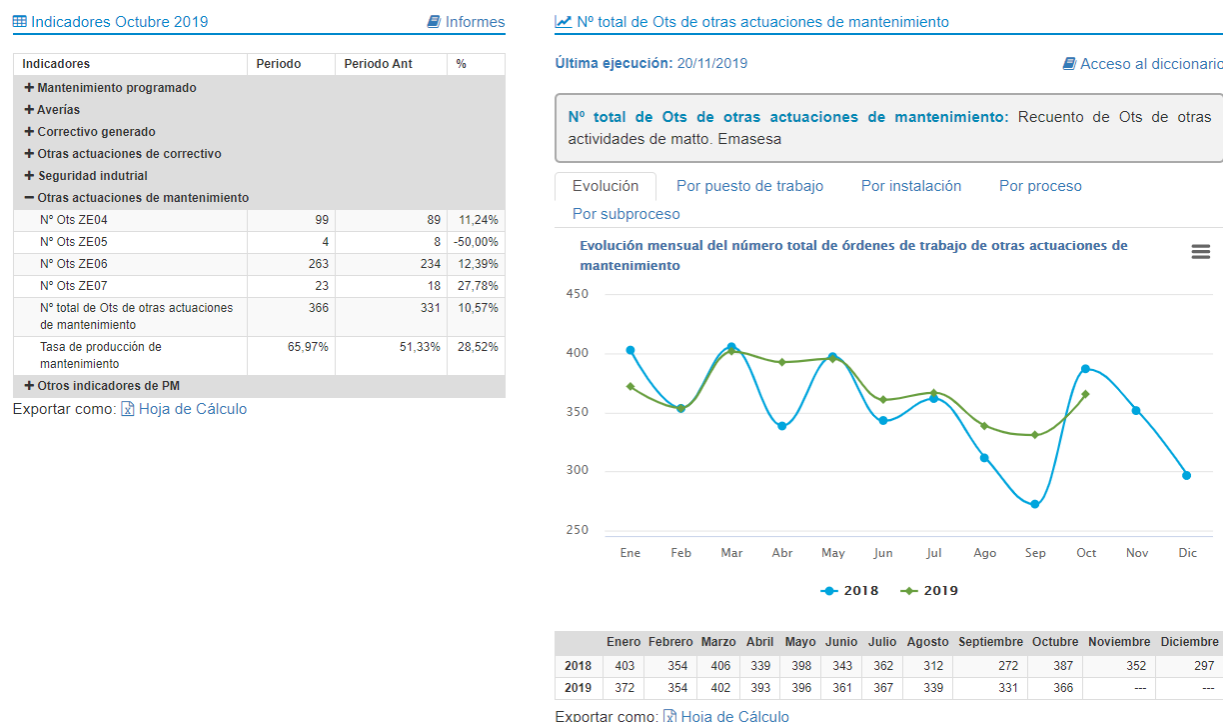


Figura 4-7. Sección de Otras actuaciones de mantenimiento

## 7. Otros indicadores de PM.

Engloban aquellos indicadores que no se calcula a través de las Órdenes de Trabajo correspondientes y son de interés para la gestión del mantenimiento.

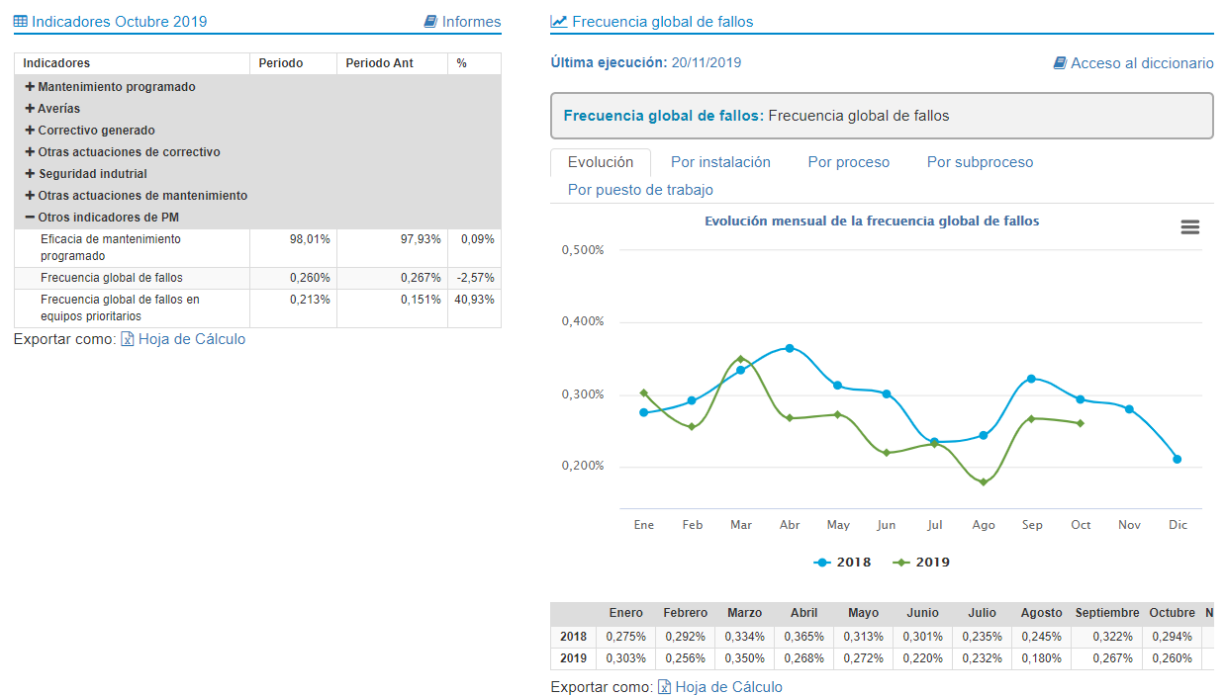


Figura 4-8. Sección de Otros indicadores de PM

### 4.1.1 Filtros y opciones avanzadas en el Cuadro de Mando Integral

La mayor ventaja de este tipo de Cuadro de Mando en plataformas virtuales es los filtros con los que navegar. Aunque un indicador parezca un simple número a la hora de evaluarlo y analizarlo, si se le dedica más tiempo se puede conseguir mucha más información a través de los filtros que se proponen en cada uno de los indicadores.

La siguiente figura se va a mostrar en una sola pantalla todos los indicadores existentes, con su evolución durante un determinado periodo de tiempo y los indicadores de calidad por periodos cuatrimestrales que han sido creados en Análisis Libre.

Operaciones - Resumen Operaciones -												
Cuadro de Mando del Ámbito Mantenimiento de instalaciones												
Evolución Mensual												
Octubre 2019												
Indicadores (Visión Evolutiva) Octubre 2019												
Indicadores	Enero 2019	Febrero 2019	Marzo 2019	Abril 2019	Mayo 2019	Junio 2019	Julio 2019	Agosto 2019	Septiembre 2019	Octubre 2019	Noviembre 2019	Diciembre 2019
<b>Mantenimiento programado</b>												
Nº de Ots programadas	360	375	424	406	403	452	442	397	490	413	---	---
Nº de Ots realizadas de mantenimiento programado	204	317	310	284	268	299	348	316	290	301	---	---
% realizado de Ots programadas	77,78%	84,53%	73,81%	70,30%	66,83%	66,38%	78,73%	79,60%	59,00%	72,88%	---	---
% realizado acumulado de Ots programadas	75,98%	84,84%	85,79%	84,84%	83,63%	83,87%	87,73%	89,63%	88,76%	91,15%	---	---
Horas de mantenimiento programado	909,25	930,9	894,75	822,9	725,95	852,05	702,7	945,05	711,25	855,05	---	---
<b>Averías</b>												
Tiempo medio de atención de averías	2,41	3,12	4,99	3,88	6,78	1,98	6,88	1,94	2,35	8,73	---	---
Tiempo medio de resolución de averías	13,38	6,73	10,33	10,13	4,97	5,30	7,74	11,88	4,02	7,48	---	---
Tiempo medio de atención y resolución de averías	12,80	6,78	13,93	13,62	11,72	7,19	14,59	13,72	6,34	10,01	---	---
Horas duración averías	1.283,50	829,05	1.158,55	977,65	763,30	895,25	788,30	573,75	712,50	1.010,35	---	---
Nº de averías - Mensual	133	113	153	117	116	93	106	78	113	112	---	---
Nº de averías de larga duración	2	2	3	2	0	1	1	2	1	3	---	---
Nº de averías en equipos y ubicaciones técnicas prioritarios	20	29	28	18	19	18	23	12	15	21	---	---
Nº de Us-equipos con averías repetitivas	40	38	33	30	28	27	26	25	25	24	---	---
Tasa de producción de averías	58,08%	48,50%	55,84%	53,42%	55,58%	49,21%	49,34%	43,58%	51,38%	51,38%	---	---
<b>Correctivo generado</b>												
Horas de correctivo generado	550,35	475,25	474,75	357,95	472,95	176,00	195,25	151,00	185,25	391,85	---	---
Nº de Ots de correctivo generado	68	58	77	43	49	23	30	28	22	41	---	---
Tasa de producción de correctivo generado	10,53%	9,70%	12,82%	7,47%	8,72%	4,71%	5,43%	4,81%	4,13%	5,87%	---	---
<b>Otras actuaciones de correctivo</b>												
Horas de otras actuaciones de correctivo	295,10	235,30	199,00	224,20	164,00	78,00	95,75	158,50	217,75	121,00	---	---
Nº otras órdenes de correctivo	64	60	38	42	41	25	26	45	31	35	---	---
<b>Seguridad industrial</b>												
Nº inspecciones internas programadas	5	5	5	10	10	7	4	8	7	17	---	---
Nº de inspecciones internas realizadas	5	5	2	0	2	0	0	7	0	15	---	---
% realizado de inspecciones internas S.I.	100,00%	100,00%	40,00%	0,00%	20,00%	0,00%	0,00%	87,50%	0,00%	88,24%	---	---
Nº de inspecciones OCA programadas	1	0	0	8	6	15	10	3	2	6	---	---
Nº de inspecciones OCA realizadas	0	0	0	0	6	10	0	0	0	1	---	---
% realizado de inspecciones OCA programadas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	---	---
Nº de subsanación de anomalías S.I.	27	19	8	58	38	8	8	2	10	19	---	---
<b>Otras actuaciones de mantenimiento</b>												
Nº Ots ZE04	125	116	124	113	117	98	97	72	89	99	---	---
Nº Ots ZE05	3	5	5	7	12	8	3	4	8	4	---	---
Nº Ots ZE06	244	233	273	272	267	255	287	293	234	283	---	---
Nº Ots ZE07	0	0	0	0	0	2	28	24	18	23	---	---
Nº total de Ots de otras actuaciones de mantenimiento	372	354	402	393	396	363	397	339	331	389	---	---
Tasa de producción de mantenimiento	87,26%	84,90%	87,28%	83,25%	59,63%	44,16%	43,00%	49,27%	51,33%	85,97%	---	---
<b>Otros indicadores de FIM</b>												
Eficacia de mantenimiento programado	97,52%	97,49%	97,43%	97,91%	97,80%	97,77%	97,72%	97,80%	97,63%	98,01%	---	---
Frecuencia global de fallos	0,303%	0,266%	0,350%	0,288%	0,272%	0,220%	0,232%	0,180%	0,267%	0,280%	---	---
Frecuencia global de fallos en equipos prioritarios	0,202%	0,293%	0,282%	0,171%	0,192%	0,171%	0,231%	0,120%	0,151%	0,213%	---	---
<b>Indicadores de Calidad</b>												
% realizado de Ots programadas - Cuatr.	---	---	---	84,00%	---	---	---	87,12%	---	---	---	---
Tiempo medio de atención y resolución de averías - Cuatr.	---	---	---	12,00	---	---	---	11,82	---	---	---	---
Nº de averías - Cuatr.	---	---	---	516	---	---	---	392	---	---	---	---
Nº de averías de larga duración - Cuatr.	---	---	---	9	---	---	---	4	---	---	---	---
Nº de Us-equipos con averías repetitivas - Cuatr.	---	---	---	30	---	---	---	25	---	---	---	---
Tasa de producción de averías - Cuatr.	---	---	---	83,50%	---	---	---	79,51%	---	---	---	---

Figura 4-9. Evolución de la gama completa de indicadores en el Cuadro de Mando Integral



Figura 4-10. Filtro de Evolución

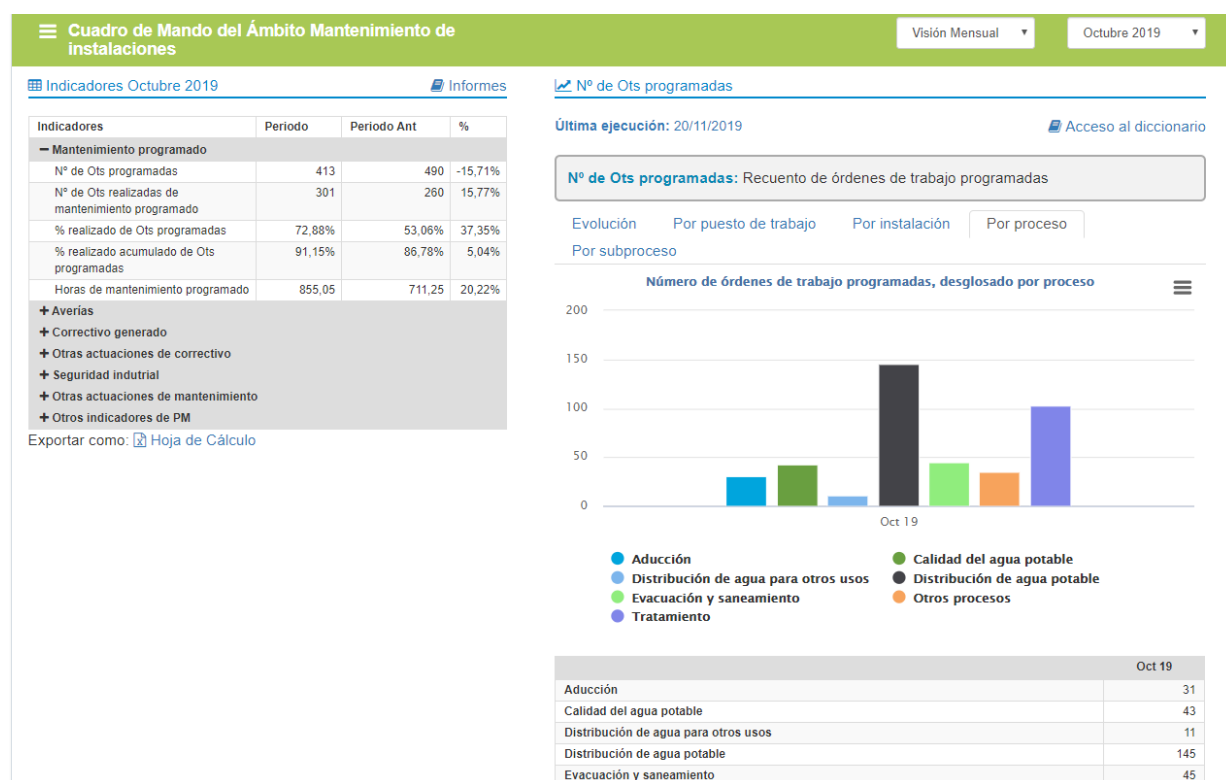


Figura 4-11. Filtro de Proceso

Además de los filtros ilustrados, se tienen otros acerca de las instalaciones superiores dentro de la empresa, de los subprocesos que componen el ciclo integral del agua y para los Puestos de Trabajo Responsable.

Todo ello junto a otros filtros generales basados en la evolución mensual, anual o cuatrimestral.

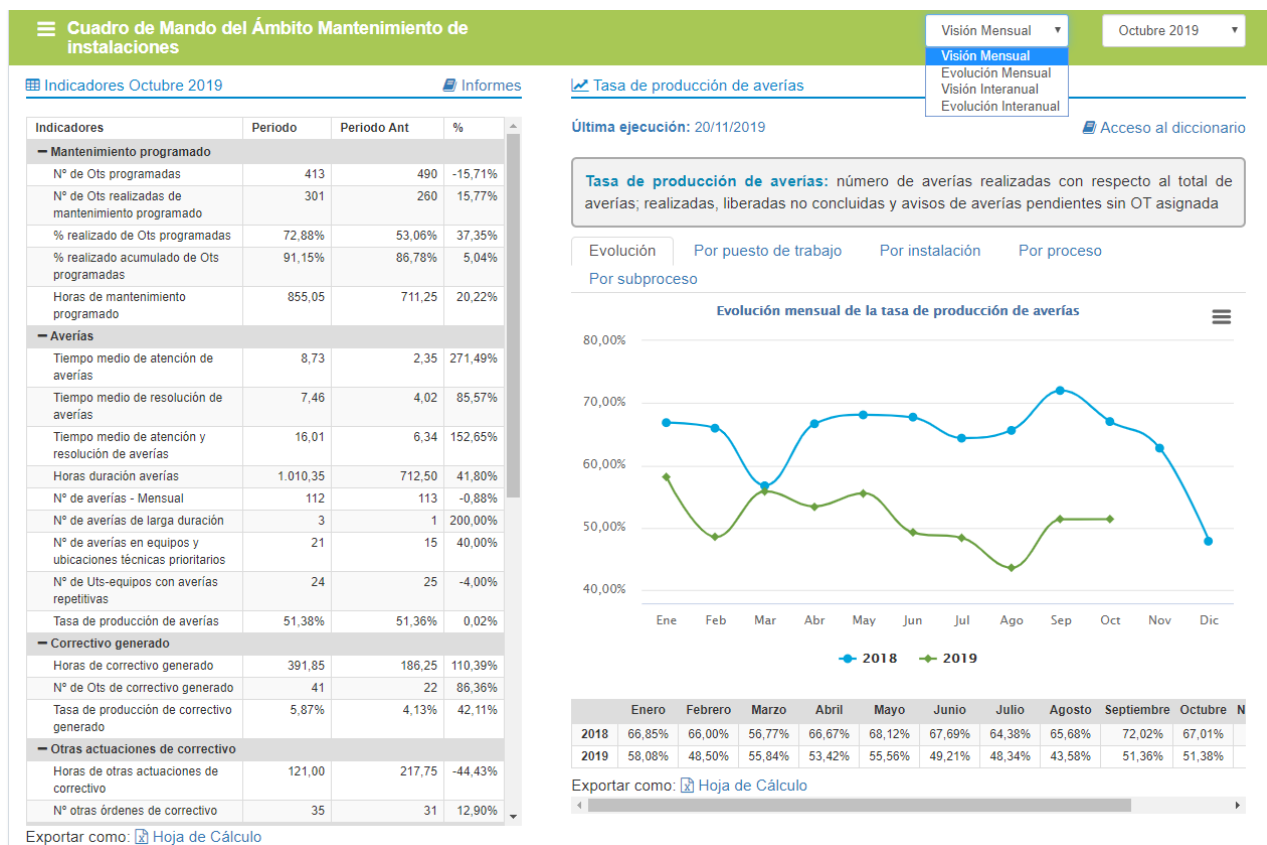


Figura 4-12. Filtros generales de visión y evolución en el tiempo

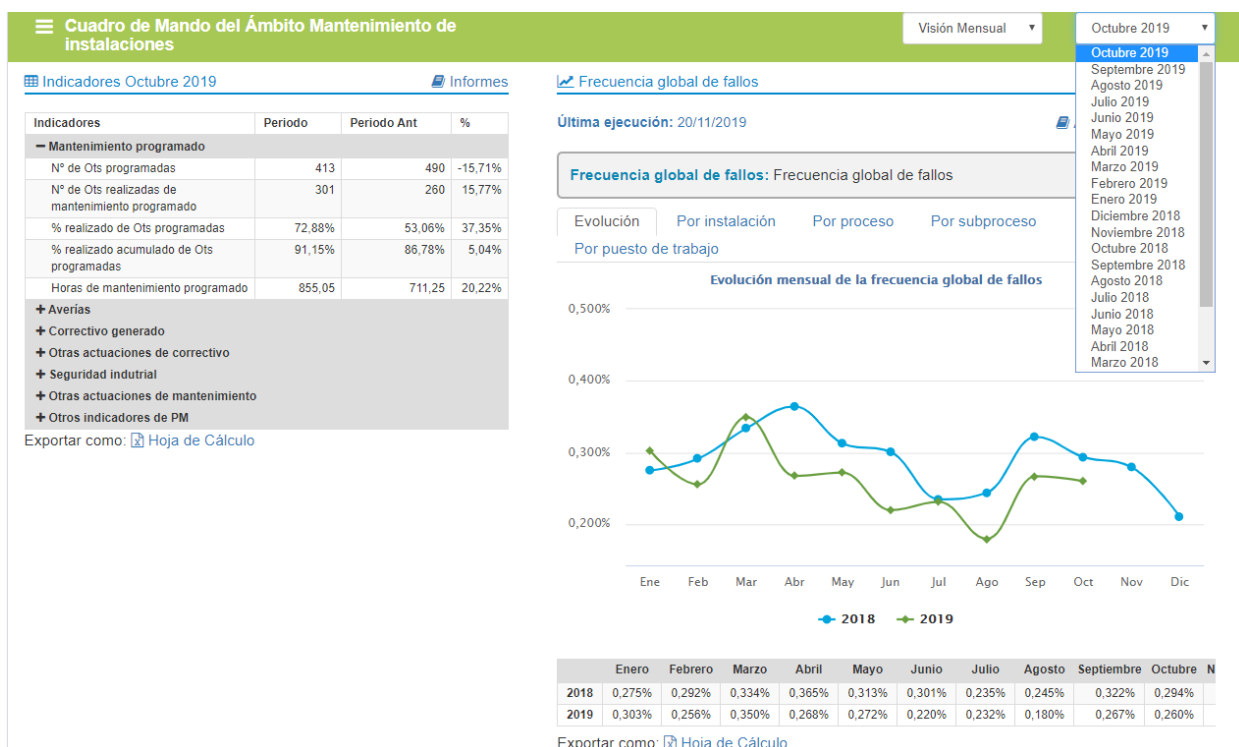


Figura 4-13. Filtros específicos mensuales de los indicadores

Por último, se tiene una serie de opciones que pueden complementar al Cuadro de Mando a la hora de exportar los resultados fuera de la plataforma virtual. Por ejemplo, se puede exportar las gráficas a PDF, o exportar los resultados obtenidos de un indicador a lo largo de un tiempo a Excel.



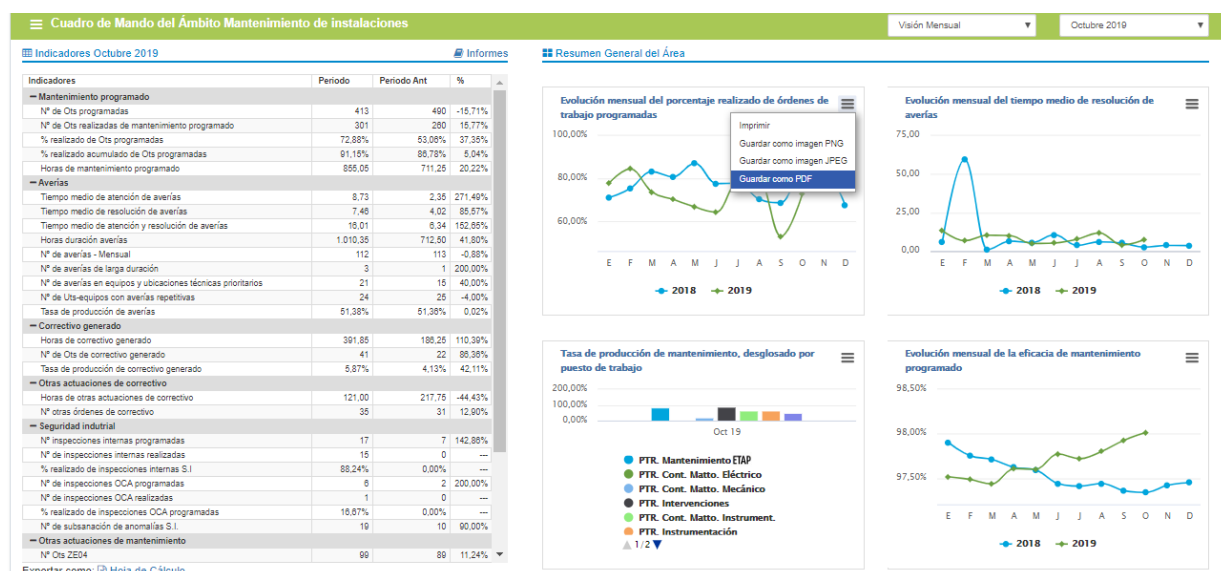


Figura 4-14. Opciones de exportación de datos e información

### 4.1.2 Valores umbrales de los indicadores

Con el paso del tiempo se ha ido tomando valores umbrales o referenciales de cada uno de los indicadores, que han sido fruto de la experiencia.

Para ello, cada responsable de las secciones en las que están divididas el Departamento de Mantenimiento de Instalaciones ha concluido un intervalo de referencia dónde los indicadores se deben mover.

Indicadores de Calidad	2017			2018			Promedios			Propuesta
	1 Cuatr.	2 Cuatr.	3 Cuatr.	1 Cuatr.	2 Cuatr.	3 Cuatr.	2017	2018	2017-2018	
% realizado de Ots programadas - Cuatr.	83,11%	85,38%	83,64%	90,24%	88,94%	85,21%	84,04%	88,13%	86,08%	85%
Tiempo medio de atención y resolución de averías - Cuatr.	7,54	7,92	4,66	8,95	10,69	6,29	6,70	8,64	7,67	7,8
Nº de averías - Cuatr.	463	519	546	565	485	481	509,33	510,33	509,83	510
Nº de averías de larga duración - Cuatr.	9	7	9	10	9	6	8,33	8,33	8,33	9
Nº de Uts-equipos con averías repetitivas - Cuatr	27	24	30	41	42	34	27,00	39,00	33,00	35
Tasa de producción de averías - Cuatr	93,35%	95,23%	92,07%	87,46%	83,05%	78,85%	93,55%	83,12%	88,34%	85%
Nº de Ots de correctivo generado - Cuatr	111	113	102	52	123	131	108,67	102,00	105,33	110
Nº otras órdenes de correctivo - Cuatr.	256	238	219	218	257	220	237,67	231,67	234,67	230
% realizado de inspecciones internas S.I. - Cuatr	26,32%	100,00%	77,50%	92,31%	89,74%	75,93%	67,94%	85,99%	76,97%	85%
% realizado de inspecciones OCA programadas - Cuatr	5,56%	75,00%	70,00%	0,00%	72,22%	0,00%	50,19%	24,07%	37,13%	85%
Nº total de Ots de otras actuaciones de mantenimiento - Cuatr	726	859	886	1.494	1.408	1.294	823,67	1398,67	1111,17	1300
Tasa de producción de mantenimiento - Cuatr	88,38%	88,64%	86,47%	85,21%	82,33%	77,96%	87,83%	81,83%	84,83%	80%
Frecuencia global de fallos - Cuatr.	0,79%	1,17%	1,24%	1,38%	1,20%	1,15%	1,07%	1,24%	1,15%	1,30%
Frecuencia global de fallos en equipos prioritarios - Cuatr.	0,69%	0,88%	1,02%	1,32%	1,04%	0,98%	0,86%	1,11%	0,99%	1,20%

Figura 4-15. Valores de referencia de los indicadores en el Departamento de mantenimiento

### 4.1.3 Indicadores pendientes de implantación en el Cuadro de Mando

Tras los estudios realizados por parte de la empresa y lo presente en este trabajo académico, se ha acordado añadir las siguientes divisiones adicionales con sus correspondientes indicadores de gestión, que en total han sido 8 más.

#### 1. Seguridad, Salud y Medio ambiente.

Gama de indicadores referidos al ámbito de la seguridad y salud de las personas en el trabajo de mantenimiento, y de preservar el medio ambiente.

- Tasa de accidentes relacionados con el mantenimiento.
- Días de baja laboral del personal de mantenimiento debido a accidentes de trabajo y enfermedades.

#### 2. Presupuesto de mantenimiento.

Todo lo referido al presupuesto que recibe el departamento de mantenimiento y cómo lo gestiona en un año natural. El presupuesto conlleva muchas limitaciones debido a la dificultad de tener toda la gestión del dinero controlado.

- Desviaciones detectadas durante el seguimiento del presupuesto.
- Asignación presupuestaria a Preventivo / Correctivo.
- Asignación presupuestaria a tipos de costes.

### 3. Recursos humanos de mantenimiento.

Se compone de los recursos humanos internos disponibles en el departamento de mantenimiento y de los recursos y servicios externos que tienen la empresa.

- Horas extras de mantenimiento trabajadas por el personal interno.
- Número de contratos firmados con proveedores de servicios externos de mantenimiento.
- Tiempo de espera para que los proveedores de servicio intervengan en el mantenimiento.

El problema de los indicadores que han sido desechados es la falta de información o datos que la empresa no es capaz de recopilar correctamente debido a la interacción entre departamentos u otros problemas.

Por ejemplo, el caso del indicador económico de los costes de mantenimiento es muy complejo debido a que la contabilidad es llevada a cabo en otro departamento y se hace difícil que llegue a ser un indicador fiable a día de hoy.

## 4.2 Análisis Libre de BI

En el módulo de análisis libre de Business Intelligence se ha creado los informes más interesantes desde el punto de vista de gestión del mantenimiento, para tener una visión más completa y específica de algunos datos que no se pueden visualizar simplemente con el hecho de ver un número o porcentaje como es dado en el Cuadro de Mando Integral.

Para ello, se ha propuesto una serie de indicadores, además de los predefinidos por los consultores y el departamento de mantenimiento de instalaciones.

Tabla 4-1. Informes propuestos de indicadores para la gestión del Mantenimiento

Informes	Descripción
Horas reales-hombre por tarea	Informe para conocer las Órdenes de Trabajo con más horas notificadas que se han realizado. Da una perspectiva para saber en qué tipo de mantenimiento y tarea se está echando más horas.
Horas reales-hombre por Ubicación Técnica o equipo	Informe en profundidad para conocer las Ubicaciones Técnicas y equipos que poseen más horas notificadas de averías. El hecho de conocer las ubicaciones Técnicas o equipos en las que se echan más horas puede suponer una manera correctiva de por qué se está haciendo algo mal o por qué se está perdiendo tanto tiempo allí
Ubicaciones Técnicas y Equipos con más averías	Informe dónde ver las UT y equipos que conlleven más carga de trabajo por averías. Se puede llegar a conocer qué tipos de averías más frecuentes suceden en cada una de las Ubicaciones Técnicas o equipos.

Los informes descritos anteriormente han sido elaborados a partir de las normas de mantenimiento y se han llevado a cabo en este módulo. Por ejemplo, se ha creado el Informe del Número de horas reales-hombre por

Ubicación Técnica a partir de un documento nuevo.

Página principal Documentos				
Ver ▾ Nuevo ▾ Organizar ▾ Enviar ▾ Más acciones ▾ Detalles				
Mis documentos				
<div>Mis favoritos</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>~WebIntelligence</li> <li>Andrés Rojas Sánchez</li> </ul> <div>Bandeja de entrada</div> <div>Mis alertas</div> <div>Alertas suscritas</div> <div>Categorías personales</div>				
Título	Tipo	Última ejecución	Instancias	
Elementos compartidos	Carpeta			
[PM017] Indicadores SAP PM - Averías (Modificado)	Web Intelligence		0	
[PM022] Indicadores SAP PM - Indicadores de calidad (Mo	Web Intelligence		0	
[PM026 - PM027 - PM033] Indicador Tiempo Medio de av	Web Intelligence		0	
[PM028] Indicador Tasa Producción de mantenimiento (Ar	Web Intelligence		0	
[PM034] Indicador Tasa Producción de averías (Andrés)	Web Intelligence		0	
Análisis de N° Ots y horas trabajadas por año en seccion	Web Intelligence		0	
Cálculo del N° Horas-Hombre/Estación	Web Intelligence		0	
Contabilización Ubicaciones Técnicas	Web Intelligence		0	
N° Horas-Hombre/Estación [1]	Web Intelligence		0	
N° Ots ZE07	Web Intelligence		0	

Figura 4-16. Informes creados para indicadores de gestión

Respecto a los informes creados por un acuerdo consensuado entre el departamento de mantenimiento de instalaciones y los consultores, se tiene la siguiente lista predeterminada:

Página principal Documentos				
Ver ▾ Nuevo ▾ Organizar ▾ Enviar ▾ Más acciones ▾ Detalles				
Mis documentos				
<div>Carpeta</div> <div>Carpas públicas</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>00. Plantillas e Informes Tipo</li> <li>06. Ingeniería</li> <li>07. Control y Mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>01. Control Operaciones y Planificación</li> <li>02. Mantenimiento de Instalaciones</li> <li>03. Informes de Fiabilidad</li> </ul> </li> <li>36. Innovación</li> <li>99. Formación</li> <li>Web Intelligence Samples</li> </ul> <div>Papelera de reciclaje</div> <div>Buscar</div>				
Título	Tipo	Última ejecución	Instancias	
Análisis validacion	Carpeta			
Carpeta segura	Carpeta			
Informes económicos	Carpeta			
Informes Indicadores SAP PM	Carpeta			
OFICINA TÉCNICA	Carpeta			
[PM001] Informe análisis de actuaciones	Web Intelligence			
[PM002] Informe de notificaciones de mantenimiento corr	Web Intelligence			
[PM003] Informe mensual de Ots de Mtto. Correctivo	Web Intelligence			
[PM004] IP19	Web Intelligence			
[PM005] Resumen anual Mtto. correctivo	Web Intelligence			
[PM006] Seguimiento de trabajos mensuales	Web Intelligence			
[PM007] Ubicaciones técnicas - Horas de trabajo	Web Intelligence			
[PM008] ZPM070 - Cumplimiento de Preventivo	Web Intelligence			
[PM009] ZPM073 - Acumulación Averías	Web Intelligence			
[PM010] ZPM076 - Planning de preventivo	Web Intelligence			
[PM011] ZPM084 - Modos de fallo	Web Intelligence			
[PM012] ZPM091, ZPM092 y ZPM093 - Informe de fiabili	Web Intelligence			
[PM013] ZPM099 - Preventivo realizado/No realizado	Web Intelligence			
[PM014] ZPM110 Y ZPM120 - Parte de averías e incidenci	Web Intelligence			
[PM015] ZPM127 - Preventivo No realizado	Web Intelligence			
[PM026 - PM027 - PM033] Indicador Tiempo Medio de av	Web Intelligence			
Clasif.cierre ordenes	Web Intelligence			
Mariano	Web Intelligence			

Figura 4-17. Informes predeterminados del Departamento de Mantenimiento de Instalaciones

Otros indicadores se han creado para satisfacer las necesidades de los usuarios que con los datos que se obtienen en el Cuadro de Mando Integral no es suficiente. Estos informes son mucho más navegables y a través de filtros y restricciones se puede llegar a detalles más concisos que los dados en los resultados del Cuadro de Mando.

Página principal Documentos				
Ver	Nuevo	Organizar	Enviar	Más acciones
Detalles				
Mis documentos	Título	Tipo	Última ejecución	Instancias
Carpetas				
Carpetas públicas				
00. Plantillas e Informes Tipo				
06. Ingeniería				
07. Control y Mantenimiento				
01. Control Operaciones y Planificación				
02. Mantenimiento de Instalaciones				
Analisis validacion				
Carpetas seguras				
Informes de indicadores				
Otros informes				
Informes económicos				
Informes Indicadores SAP PM				
OFICINA TÉCNICA				
03. Informes de Fiabilidad				
36. Innovación				
99. Formación				
Web Intelligence Samples				
Papelera de reciclaje				
Buscar				

Figura 4-18. Informes de indicadores del Cuadro de Mando Integral

Entonces, para ilustrar cómo es el resultado final de la realización de una consulta en Análisis Libre, se va a ver unos ejemplos de Informes elaborados por los consultores.

Indicadores Averías - Puesto de trabajo									
PTR	Averías				PTR	Averías		Nº de UTs/Equipos con averías repetitivas	
	Nº Averías	Nº averías en equipos con criticidad A	Nº averías larga duración	Horas averías		Tiempo medio atención	Tiempo medio servicio		
ETAP	46	2	0	348,00	ETAP	6,5	12,43		
I	32	1	0	181,75	ICM				
ICM		11	0		III	1,28	1,13		
III	31		0	293,50	Mtto	1,24	2		
P	2	7	0	58,00	Total	3,42	6,08		
Total	111	21		877,25					
Proceso	Nº Averías	Nº averías en equipos con criticidad A	Nº averías larga duración	Nº de UTs/Equipos con averías repetitivas	Horas averías	Tiempo medio atención	Tiempo medio servicio	Tiempo medio de atención y resolución	
Aducción	7		0	0	68,5	1,29	0,43	1,29	
Calidad del agua potable	6	2	0	5	32	0,17	0,50	0,17	
Distribución de agua para otros usos	5	1	0	2	29,5	0,00	0,20	0	
Distribución de agua potable	23	10	0	12	181,25	1,96	0,35	2,13	
Evacuación y saneamiento	17	5	0	17	137	0,76	4,76	5,53	
Otros procesos	6	1	0	1	77	0,00	1,17	0	
Tratamiento	47	2	0	4	352	6,64	12,17	18,79	
Total	111	21		41	877,25	3,42	6,08	9,33	

Figura 4-19. Resultado del Informe de Indicadores de Averías

En el caso de la Figura 4-12 se trata de un informe muy elaborado y que es navegable a través de una gran cantidad de filtros. Esta ilustración va más allá de las Averías que se encuentran en la empresa y especifica las averías que existen en cada Puesto de Trabajo Responsable. Además, como complemento se destaca también la navegabilidad entre los procesos ubicados en la parte inferior de la imagen que componen el ciclo integral

del agua.

Cumplimiento de Preventivo				
Mes	Actuaciones Programadas	Actuaciones Realizadas	%	%
Enero	73	73		
Febrero	63	63		
Marzo	113	113		
Abril	127	127		
Mayo	89	89		
Junio	99	99		
Julio	75	75		
Agosto	51	51		

Figura 4-20. Resultado del Informe de Indicadores de Cumplimiento de Preventivo

La Figura 4-13 corresponde un informe predeterminado acordado por el Departamento de Mantenimiento de Instalaciones y los consultores.

Resumen indicadores de calidad para el año 2018				
	1er Cuatr.	2do Cuatr.	3er Cuatr.	Acum anual
% realizado mto programado	90,08%	89,91%	88,43%	93,68%
N° de averías	566	487	484	1.537
N° averías larga duración	10	9	6	25
N° de OTs correctivo generado	52	124	135	311
N° otras OTs correctivo	219	257	221	697
% realizado inspecciones OCA	0,00%	74,29%	0,00%	61,36%
% realizado inspecciones internas S.I.				
N° Total de OTs - Otras act de MTTO	1.502	1.415	1.309	4.226
T. medio atención y resolución averías	8,99	10,72	6,25	8,68
Frecuencia global de fallos	1,243%	1,068%	1,101%	3,413%
Frecuencia global de fallos (críticidad A)	1,198%	0,966%	1,007%	3,171%
N° de Uts-equipos con averías repetitivas	41	42	34	34
Tasa de producción de mantenimiento	90,46%	90,67%	87,61%	95,67%
Tasa de producción de averías	87,62%	89,36%	82,88%	93,89%

Figura 4-21. Resultado del Informe de Resumen de los Indicadores de calidad

Por último, resaltar un informe en modo de resumen para los indicadores generales de gestión del mantenimiento en la empresa. En este informe se puede llegar a navegar a través de cada uno de los indicadores individualmente y conocer la información correspondiente mensual, cuatrimestral y anualmente.

## 5 CONCLUSIONES Y OPCIONES DE MEJORA

---

**E**n este capítulo se va a presentar las conclusiones más relevantes del presente proyecto. Estas conclusiones son frutos de la discusión del desarrollo, investigaciones y resultados obtenidos en los apartados anteriores a modo de resumen.

Este trabajo intenta mostrar la importancia de los indicadores de desempeño de mantenimiento, los cuales permiten brindar información crucial en la toma de decisiones de una empresa. La realización y ejecución de este estudio ha provocado un resultado real favorable para la empresa tratada. La finalidad es proveer la información vigente y necesaria a la dirección de la empresa para tomar decisiones acerca de valores estratégicos de suma importancia para ésta. La búsqueda realizada sobre el mercado de Sistemas de BI enfocados a grandes empresas, así como la posibilidad de realizar simulaciones personalmente o guiadas con instrucciones de estos programas o consultores, ha enriquecido rigurosamente la información que en este proyecto se detalla.

Todo esto se puede ver reflejado en la aplicación del presente modelo descrito. Además, la rapidez con la que se obtienen los resultados de los indicadores y la navegabilidad de la interfaz del usuario deja en el olvido los criterios y los cálculos antiguos a través de Excel. En el caso de necesidad de cambios de indicadores, se puede llevar a cabo un acuerdo inmediato gracias a la comunicación directa con consultores, no siendo los indicadores definitivos en ninguna de sus áreas.

Cabe esperar, que los indicadores desarrollados en BI sean implementados a niveles superiores e inferiores de compañías públicas, ya que se asemejan más a éstas. Sin embargo, se presentan ciertas dificultades en su aplicación como, por ejemplo, la multitud de usuarios que tienen objetivos diferentes; la falta de definición de los objetivos de las entidades públicas que dificultan la elaboración de los indicadores; la difícil definición de la eficiencia del sector público, ya que las acciones deben evaluarse desde distintas facetas; y el restringido acceso a ciertos datos necesarios para medir los servicios prestados y los recursos utilizados. Sería conveniente realizar investigaciones futuras que tengan en cuenta las diferentes variables que dificultan el presente estudio, además de utilizar una muestra mayor que validen los resultados.

En conclusión, las reflexiones incluidas en el trabajo se realizan con el convencimiento de que la utilización de herramientas de gestión aquí descritas puede beneficiar a otras entidades que gestionen el ciclo integral del agua y su posterior mejora de gestión de mantenimiento. Para que todo esto sea posible, es muy importante la continua actualización de las empresas, ya que la tecnología va avanzando y con ello los procesos e indicadores que las regulan.



# REFERENCIAS

---

- [1] EMASESA, Ciclo Integral del Agua. Enlace: <https://www.emasesa.com/conocenos/nuestras-infraestructuras/>. Fecha de última consulta: 01/11/19.
- [2] PWC. (2018). La gestión del agua en España. Análisis y retos del ciclo urbano del agua. Recuperado de la página web: <https://www.pwc.es/es/publicaciones/energia/assets/gestion-agua-2018-espana.pdf>
- [3] Montero Padilla, E., & Crespo Marquez, A. (2009). Estudio de la implantación del modulo de gestión de mantenimiento (PM) de SAP en el departamento de mantenimiento de una empresa de abastecimiento y saneamiento de aguas Proyecto fin de carrera . s.n.], S.l.
- [4] AENOR, "AENOR: Norma UNE EN 13306:2018, Mantenimiento. Terminología del mantenimiento" <http://www.aenor.es>.
- [5] Knezevic, J. (1996). Mantenimiento . Madrid: Isdefe.
- [6] Márquez, A. (2007). The Maintenance Management Framework Models and Methods for Complex Systems Maintenance . London: Springer-Verlag London Limited.
- [7] Soria Medina, O. E., & Cáceres Díaz, I. J. E. (2017). Indicadores de clase mundial utilizados como herramienta de control en la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo de equipo pesado, en minería subterránea de oro (Universidad de San Carlos de Guatemala).
- [8] Garcia Garrido, S. (2003). Organizacion y gestion integral de mantenimiento manual practico para la implantación de sistemas de gestion avanzada de mantenimiento industrial . Madrid: Diaz de Santos.
- [9] González Fernández, F. (2010). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión: “Lorenzo y el limpiacristales” : (las cinco amenazas del mantenimiento) / (2a ed.). Madrid: Fundacion Confemetal.
- [10] Pastor Rodríguez, J., & Gómez Fernández, J. (2018). Análisis de criticidad y centrado en fiabilidad en una Acería. Trabajo Fin de Master, Sevilla.
- [11] López Campos, M., & Crespo Márquez, A. (2015). Un modelo de referencia para la Gestión del mantenimiento. Research Gate, (May), 1–10.
- [12] Crespo Márquez, A., Moreu de León, P., & Sánchez Herguedas, A. (2004). Ingeniería de mantenimiento : técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos . Madrid: AENOR.
- [13] Ganesh, K., Mohapatra, S., Anbuudayasankar, S., & Sivakumar, P. (2014). Enterprise Resource Planning: Fundamentals of Design and Implementation (2014th ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05927-3>
- [14] Wireman, T. (2005). Developing performance indicators for managing maintenance (2nd ed.). New York:



Industrial Press.

- [15] Díaz Domínguez, L. F. (2011). Introducción al sistema SAP R/3: Formación para el empleo. CEP.
- [16] Merchán Guerrero, D., & Moreu De León, P. (2017). Elección de un sistema GMAO para una empresa de servicios de mantenimiento industrial Trabajo Fin de Grado. El autor], Sevilla
- [17] Chan, L., Chee, T., Chuah, M., Rahman, A., Tan, C., Wong, S., & Yeoh, W. (2009). Business Intelligence Systems: State-of-the-art review and contemporary applications. Symposium on Progress in Information and Communication Technology, 2(4), 96–101.
- [18] Evelson, B. (2010). The Forrester Wave™: Enterprise Business Intelligence Platforms, Q4 2010. Intelligence (BI), 3, 20. Recuperado de la página web: <http://www.oracle.com/us/corporate/analystreports/infrastructure/forrester-bi-platforms-wave-189776.pdf>
- [19] [Review of Effective business intelligence systems.]. (2001). Scitech Book News, 25(4), n/a. Recuperado de la página web: <http://search.proquest.com/docview/200157282/>
- [20] Business School, O. (2019). Las herramientas BI más importantes y su relevancia en el mercado. Recuperado de la página web: November 25, 2019, from <https://www.obs-edu.com/es/blog-investigacion/sistemas/las-herramientas-bi-mas-importantes-y-su-relevancia-en-el-mercado/>. Fecha de última consulta: 25/11/19
- [21] AENOR, "AENOR: Norma UNE EN 15341:2008, Mantenimiento. Indicadores claves de rendimiento de mantenimiento" <http://www.aenor.es>.
- [22] AENOR, "AENOR: Norma UNE EN 17007:2018, Procesos de mantenimiento e indicadores asociados" <http://www.aenor.es>.
- [23] Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. Ciencia y Desarrollo, 19(1), 25. <https://doi.org/10.21503/cyd.v19i1.1219>
- [24] Lindberg, C., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. Energy Procedia, 75, 1785–1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- [25] Egilde Zambrano, Ana Teresa Prieto, & Ricardo Castillo. (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, 17(3), 495–511.
- [26] Pedroche Vázquez, J., & Moreu de León, P. (2012). El cuadro de mando integral aplicado al mantenimiento proyecto fin de máster. s.n.], s.l.
- [27] Salonen, A., & Bengtsson, M. (2011). The potential in strategic maintenance development. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 17(4), 337–350. <https://doi.org/10.1108/13552511111180168>
- [28] Lavy, S., A. Garcia, J., & K. Dixit, M. (2014). KPIs for facility's performance assessment, Part II: identification of variables and deriving expressions for core indicators. Facilities, 32(5/6), 275–294. <https://doi.org/10.1108/F-09-2012-0067>
- [29] Lavy, S., Garcia, J.A. and Dixit, M. (2010), "Establishment of KPIs for facility performance measurement: Review of literature", Facilities, Vol. 28 No. 9, pp. 440-464.

- [30] Parida, A. (2007). Study and analysis of maintenance performance indicators (MPIs) for LKAB. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(4), 325–337. <https://doi.org/10.1108/13552510710829434>
- [31] Parida, A., & Chattopadhyay, G. (2007). Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(3), 241–258. <https://doi.org/10.1108/13552510710780276>
- [32] Leal, S., Zambrano, S. (2007). *Índices e indicadores de gestión de mantenimiento en las Pymes del estado de Táchira*. 3a ed. Montevideo, Uruguay: URUMAN, 546 p.
- [33] Parida, A., & Kumar, U. (2006). Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 239–251. <https://doi.org/10.1108/13552510610685084>
- [34] Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- [35] Andrzej Wiczorek. (2012). Methods and techniques of prediction of Key Performance Indicators for implementation of changes in maintenance organisation. *Management Systems in Production Engineering*, 5(1), 5–9.
- [36] Farhana Omar Mardhiah, Aswad Ibrahim Fazdliel, & Mohd Sabki Wan Omar Wan. (2017). Key Performance Indicators for Maintenance Management Effectiveness of Public Hospital Building. *MATEC Web of Conferences*, 97. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179701056>
- [37] Rodríguez-Padial, N., Marín, M., & Domingo, R. (2015). Strategic Framework to Maintenance Decision Support Systems. *Procedia Engineering*, 132, 903–910. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.576>
- [38] Muchiri, P., Pintelon, L., Martin, H., & De Meyer, A. (2010). Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. *International Journal of Production Research*, 48(20), 5905–5924. <https://doi.org/10.1080/00207540903160766>
- [39] Salin Monteiro, L., & Marçal De Oliveira, K. (2011). Defining a catalog of indicators to support process performance analysis. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 23(6), 395–422. <https://doi.org/10.1002/smr.482>
- [40] Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>
- [41] Sanchez-Marquez R; Albarracin Guillem JM; Vicens-Salort E; Jabaloyes Vivas, J. (2015). Intellectual Capital and Balanced Scorecard: impact of Learning and Development Programs using Key Performance Indicators in Manufacturing Environment. *Dirección y Organización*, 56, 10–17.
- [42] Parida, A., Kumar, U., Galar, D., & Stenström, C. (2015). Performance measurement and management for maintenance: a literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(1), 2–33. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2013-0067>
- [43] Brueck, T. (2014). *Leading practices and key performance indicators for asset maintenance : strategic asset management : communication and implementation*. London, England: IWA Publishing.

- [44] Matas Aguilar, A. J., & Dr. Pedro Moreu de León. (2018). Desarrollo y puesta en marcha del mantenimiento preventivo, mediante SAP PM, en una empresa de distribución de productos farmacéuticos (Universidad de Sevilla).